COMPTES RENDUS
DES SÉANCES
DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 7 JUILLET 1919.

PRÉSIDENCE DE M. LÉON GUIGNARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** adresse ampliation du Décret, en date du 3 juillet 1919, qui porte approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **H. Andoyer** pour occuper, dans la Section d'Astronomie, la place vacante par le décès de M. *Ch. Wolf*.

Il est donné lecture de ce Décret.

Sur l'invitation de M. le Président, M. **H. Andoyer** prend place parmi ses Confrères.

M. le **Président** s'exprime en ces termes :

Mes chers Confrères,

La mort de Lord **Rayleigh**, survenue le 30 juin à Witham, dans le comté d'Essex, enlève à l'Académie un de ses Associés les plus illustres,

qui fut le brillant continuateur de cette série de grands physiciens dont les travaux ont jeté, depuis plus d'un siècle, un si vif éclat sur la science anglaise.

Né en 1842 et connu d'abord sous le nom de John William Strutt, avant de prendre la place de son père à la Chambre des Lords, il avait, en 1879, succédé à Maxwell dans la chaire de Physique de l'Université de Cambridge; en 1887, il venait à Londres occuper celle de Tyndall à la Royal Institution. Ancien secrétaire et président de la Société royale de Londres, lauréat du prix Nobel en 1904, il était élu, en 1910, Associé étranger de notre Académie.

Les travaux de Lord Rayleigh touchent à presque toutes les branches de la Physique et même à la Chimie. Dans toutes les questions qu'il a abordées, nul n'a su, mieux que lui, discuter d'une façon approfondie les principes et les expériences, ni en tirer avec plus de sagacité les conséquences légitimes.

Les Mémoires de Lord Rayleigh sur l'Optique sont extrêmement nombreux et variés. Ils ont une forme pour ainsi dire parfaite, et leur ensemble constitue un admirable traité d'optique physique. Ils se rapportent à la formation des images, à la polarisation, à la diffraction par les réseaux et à leur reproduction photographique, à la réflexion de la lumière à la surface des cristaux, etc. Un des plus intéressants a trait à la couleur bleue du ciel, dont Lord Rayleigh a fourni l'explication restée jusque-là fort obscure. Son travail sur la reproduction des couleurs par la combinaison de trois couleurs fondamentales est devenu classique.

Dans le domaine de la Physique moléculaire, ses recherches sur les phénomènes capillaires sont d'une grande portée théorique et d'une rare élégance expérimentale. Il en est de même de celles qui concernent la tension superficielle de certains liquides. Rappelons, en particulier, ses études sur les mouvements du camphre à la surface de l'eau. En évaluant l'épaisseur d'une couche graisseuse suffisante pour arrêter ces mouvements, Lord Rayleigh fut conduit à expliquer l'extraordinaire effet calmant de l'huile sur le clapotis et, en bon Anglais, il consacra tout un Mémoire à ce côté pratique de la question.

Un de ses sujets de prédilection a été l'Acoustique. Son magistral Ouvrage intitulé *Théorie du son*, où il étudie la propagation du son, les résonnances, les vibrations des membranes, la répulsion acoustique, etc., n'est pas moins remarquable par les très nombreuses et très originales expériences dont Lord Rayleigh est l'auteur, que par la puissance des vues

théoriques et la souplesse avec laquelle, rappelant les travaux de nos grands physiciens de la première moitié du siècle dernier, il sait approprier les investigations mathématiques à chaque difficulté nouvelle.

Plus tard, ce fut l'Électricité qui lui fournit de nouveaux sujets d'étude. Il s'occupa de la détermination de l'ohm et de l'étalon de force électromotrice. Dans ces travaux de métrologie électrique, commencés en 1881, avant l'ouverture du Congrès des Électriciens et poursuivis durant plusieurs années, Lord Rayleigh s'est montré, avec plus de précision dans les mesures, le digne continuateur de ses illustres devanciers, Maxwell et Lord Kelvin.

Mais la découverte qui vint mettre le nom de Lord Rayleigh au premier plan, celle qui rendit surtout sa notoriété universelle, ce fut la découverte de l'argon, trouvé et isolé par lui, il y a quinze ans, avec la collaboration de William Ramsay.

Dès 1888, la question de la densité exacte de différents gaz le préoccupait et l'amenait à signaler certaines causes d'erreur dans les déterminations faites antérieurement par les physiciens les plus habiles. Lorsqu'il en vint à l'azote, il observa que la densité de ce gaz varie suivant qu'il provient de l'air atmosphérique ou de composés chimiques, tels que l'ammoniaque, les oxydes d'azote ou l'urée. La différence est d'ailleurs très faible, un demi-centième environ. C'est pourtant cette minime différence qui allait conduire à une grande découverte. Un siècle auparavant, dans ses recherches sur la composition de l'air, Cavendish avait observé que l'enlèvement total de l'oxygène et de l'azote laissait un résidu qui ne ressemblait ni à l'un, ni à l'autre de ces deux gaz; mais cette remarque n'avait pas autrement fixé l'attention.

Ce fut en août 1894, après de minutieuses expériences, que Lord Rayleigh et William Ramsay annoncèrent, à la session de l'Association britannique tenue à Oxford, que l'air renferme un nouveau gaz, d'une densité supérieure à celle de l'azote.

La nouvelle ne fut pas accueillie d'emblée sans scepticisme, tant la chose paraissait invraisemblable. Mais, après le Mémoire détaillé publié l'année suivante par les deux savants, après l'étude spectroscopique de Crookes sur le nouveau gaz, et les expériences d'Olzewski sur sa liquéfaction et sa solidification, il fallut bien se rendre à l'évidence. Sans vouloir diminuer le mérite de Ramsay, qui possède tant d'autres titres de gloire, il est permis de penser que, par ses mesures d'une extraordinaire précision, Lord Rayleigh a joué le principal rôle dans la découverte de l'argon.

Cette découverte a eu pour conséquence immédiate d'inciter Ramsay à

chercher d'autres gaz encore inconnus, et l'on sait que, bientôt après, avec Morris Travers, il trouvait le néon, le krypton et le xénon.

Dans tous les domaines où il a dirigé ses multiples investigations, Lord Rayleigh a donc été l'heureux émule des plus grands physiciens de ces derniers temps. Théoricien puissant, sachant user avec une rare habileté des ressources de l'analyse mathématique, il s'est montré en même temps expérimentateur hors de pair. Son nom restera comme un des plus illustres de la Science contemporaine.

M. le **Président** annonce à l'Académie que la prochaine séance publique annuelle aura lieu le 22 décembre.

M. le **Président** annonce à l'Académie qu'à l'occasion de la fête nationale, la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mardi 15 juillet.

M. **Ch. Lallemand** annonce à l'Académie, de la part de M. **J. de Schokalsky**, Président de la Société de Géographie de Petrograd, que, sur sa proposition, le *Système universel des fuseaux horaires*, adopté, il y a quelques mois, par l'Administration russe de la Marine, vient également d'être rendu réglementaire pour le Service des chemins de fer, à partir du 1er juillet.

M. Ch. Lallemand dépose sur le Bureau un exemplaire du planisphère, édité par le Service hydrographique russe et montrant les limites territoriales des divers fuseaux.

M. Lallemand annonce, d'autre part, que, toujours sur l'initiative de M. J. de Schokalsky, l'emploi du Système métrique, jusqu'ici facultatif en Russie, vient d'être rendu obligatoire, à partir de 1920, pour un certain nombre de services, et à partir de 1925 pour les autres.

Le Bureau Central des Poids et Mesures de Russie est chargé d'établir, pour les usages commerciaux et industriels, des copies des étalons et de leurs subdivisions. Il a, de même, reçu mission de préparer des *Instructions pratiques* pour l'emploi du Système métrique, ainsi que des brochures explicatives destinées à en vulgariser partout les avantages.

PHYSIOLOGIE. — *De l'action immunisante du chlorure de sodium contre l'injection anaphylactique déchaînante* (Thérapeutique métatrophique). Note de MM. **Charles Richet**, **P. Brodin** et **F. Saint-Girons**.

Si, trois semaines après une première injection (préparante) de plasma de cheval à un chien, on fait au même chien une injection (déchaînante) de 50^{cm^3} de ce même plasma de cheval, la réaction anaphylactique, *qui ne manque jamais*, est brutale, soudaine et intense. Cris, diarrhée, congestion intestinale presque hémorragique, ténesme rectal, vomissements, dilatation des pupilles, abaissement de la pression artérielle, impuissance motrice absolue, respiration asphyxique, contractions cardiaques affaiblies et pouls précipité. Le plus souvent la mort survient au bout de deux ou trois heures, parfois même en quelques minutes.

Or, si, au lieu d'injecter le plasma pur, on injecte la même quantité de ce même plasma, après l'avoir dilué dans neuf fois son volume de la solution isotonique de NaCl (8^g pour 1000), il ne se produit presque plus rien; tout au plus observe-t-on un peu de diarrhée et de ténesme rectal, avec légers troubles parétiques dans les fonctions musculaires; mais rapidement, en un quart d'heure ou une demi-heure, ces faibles accidents ont disparu, et l'animal survit sans aucun trouble.

Ce n'est pas la dilution du plasma qui a empêché l'injection déchaînante d'être déchaînante; car, si, au lieu de diluer le plasma dans la solution isotonique de NaCl, on le dilue dans une solution, également isotonique, de glycose, ou dans une solution de NaCl à 4^g pour 1000, ou dans de l'eau distillée, on observe encore des accidents anaphylactiques, lesquels sont à peu près aussi intenses que lorsqu'on a injecté du plasma pur, et la mort survient dans la majorité des cas.

De même, si l'on dilue le plasma dans cinq fois (au lieu de neuf fois) son volume de la solution isotonique, il y a encore anaphylaxie déchaînée.

Voici le protocole de ces expériences. (Il s'agit toujours d'une injection déchaînante, constituée par 50^{cm^3} de plasma de cheval, à des animaux préparés par une injection de ce même plasma, faite trois semaines auparavant.)

1° Plasma pur non dilué.

Cinq expériences. Quatre morts et une anaphylaxie grave.

2° Plasma dilué dans neuf fois son volume d'eau distillée.

Trois expériences. Trois morts.

3° Plasma dilué dans neuf fois son volume d'une solution de glycose à 10 pour 1000.

Deux expériences. Une mort; une anaphylaxie intense suivie de mort par hémorragie.

4° Plasma dilué dans neuf fois son volume d'une solution de glycose à 45 pour 1000.

Trois expériences. Deux morts; une survie après accidents graves.

5° Plasma dilué dans son demi-volume d'une solution de NaCl à 200 pour 100.

Deux expériences. Deux survies après accidents graves.

6° Plasma dilué dans neuf fois son volume d'une solution de NaCl à 4 pour 1000.

Deux expériences. Une mort; une survie après accidents graves.

Ainsi il y a eu constamment, lorsqu'il n'y avait pas de NaCl, ou lorsque le NaCl était en quantité insuffisante, anaphylaxie déchaînée, et, le plus souvent, anaphylaxie mortelle.

Mais les choses sont tout autres si le plasma est dilué dans la solution isotonique de NaCl : sur six expériences il y a eu constamment survie, et les accidents anaphylactiques ont été nuls, ou à peine marqués. Dans trois expériences où la solution de NaCl était à 20 pour 1000, il y a deux fois survie sans accidents et un cas de mort. (Peut-être ne faut-il pas tenir compte de ce cas unique, en contradiction avec les huit autres expériences.)

Au lieu de mélanger le plasma à la solution isotonique, nous avons injecté d'abord la solution isotonique, puis le plasma : cela n'a pas empêché l'anaphylaxie de se déchaîner; soit que l'injection de la solution isotonique ait été faite 48 heures avant l'injection de plasma, soit qu'elle ait été faite immédiatement auparavant. Deux expériences. Deux morts.

Il est probable que le NaCl a été alors inefficace, parce que *très rapidement* il est éliminé par l'urine. Au bout d'une demi-minute après que le NaCl est injecté, il y a déjà une augmentation du NaCl de l'urine. Pourtant, si l'on injecte de grandes quantités de NaCl, alors l'organisme est saturé de sel et l'excès du NaCl persiste quelque temps. A un chien de 9^{kg} nous avons injecté 75^{cm^3} d'une solution contenant 200 pour 1000 de NaCl. Cette injection, faite une demi-heure avant l'injection de plasma, a empêché absolument le plasma (non dilué) de provoquer quelque anaphylaxie. C'est à peine si l'animal a eu un ou deux efforts de vomissement.

Il semble donc que le chlorure de sodium ait une action préservatrice contre l'injection déchaînante. Les doses de $0^g,5$, $0^g,8$, $1^g,6$ de NaCl n'ont pas suffi, tandis que la dose de $3^g,6$ a été efficace, lorsque le sel a été mélangé au plasma. Mais si l'injection de sel est faite avant l'injection de plasma, il faut une beaucoup plus grande quantité de sel, impossible à calculer, car l'élimination du sel injecté est d'une rapidité extrême.

Tout se passe donc comme si le chlorure de sodium imprégnait la cellule nerveuse et l'immunisait contre le poison anaphylactisant.

On doit rattacher ce phénomène aux faits que l'un de nous a démontrés

(en 1900) sur l'hypochloruration. Il a été établi alors que la privation de NaCl rend l'organisme beaucoup plus sensible à l'action toxique (ou, ce qui revient au même, thérapeutique) du KBr. Ensuite, Ed. Lesné et Ch. Richet fils ont très nettement montré que l'addition d'une forte dose de NaCl rend l'organisme beaucoup moins sensible à l'action des poisons (1).

Si de fortes doses de NaCl protègent les cellules nerveuses contre la réaction anaphylactique, c'est probablement parce que les cellules nerveuses, saturées de NaCl, sont devenues moins aptes à fixer sur leur protoplasme d'autres poisons; tout à fait à la manière d'un écheveau de soie (formé, lui aussi, de cellules) qui, lorsqu'il a fixé une matière colorante, ne peut plus en fixer d'autres.

Il est permis d'espérer qu'il y a là toute une méthode nouvelle d'immunisation : c'est presque de l'antianaphylaxie, comparable, quoique non identique, à celle qui suit l'injection de doses très faibles de la substance déchaînante.

En tout cas, il est probable que cette action immunisante de fortes doses de NaCl est générale, et qu'elle n'est spéciale ni au chien, ni à l'injection de plasma de cheval. Elle se rattache étroitement au phénomène de la sensibilisation de la cellule nerveuse au bromure de potassium par la déchloruration. Quand il y a défaut de NaCl, la cellule fixe plus facilement les poisons. Quand il y a excès de NaCl, la cellule les fixe plus difficilement.

Cette méthode de substitution, que nous avions appelée en 1900 *métatrophique*, trouve ici une application intéressante pour protéger l'organisme contre les injections déchainantes de l'anaphylaxie.

---

(1) Charles Richet et Éd. Toulouse, *La thérapeutique métatrophique : effets d'une alimentation pauvre en chlorures sur le traitement de l'épilepsie par le bromure de potassium* (*Travaux du Laboratoire de Physiologie*, t. 5, 1902, p. 177-183 et 201-212). Le traitement de l'épilepsie par le bromure de potassium en régime alimentaire sans chlorures est devenu classique depuis ce Mémoire. Voir aussi Éd. Lesné et Ch. Richet fils, *Des effets antitoxiques de l'hyperchloruration* (*Bulletin de la Société de Biologie*, 21 mars 1903, p. 371).

ÉLECTRICITÉ. — *Quelques propriétés du diagramme bipolaire des alternateurs synchrones (moteurs ou récepteurs) sur un réseau à potentiel constant.* Note [1] de M. **André Blondel.**

Dans une précédente Note [2], j'ai montré que le vecteur auquel j'ai donné le nom de *force électromotrice joubertique* d'un alternateur, porté suivant l'axe polaire, permet d'utiliser le diagramme bipolaire, quelle que soit la loi de saturation; on peut en particulier, sous une excitation fixe, tracer la courbe polaire de la force électromotrice joubertique. Celle-ci permet de déterminer, pour chaque régime, le décalage intérieur d'un alternateur et sa puissance; dans le cas de la loi de Joubert, cette courbe polaire est un cercle; quand la saturation des alternateurs varie, elle est une courbe plus compliquée qu'on peut déterminer par points au moyen du diagramme des réactions intérieures [3].

Dans le cas particulier où l'alternateur admet un coefficient de self-induction directe [4], la courbe se réduit à un limaçon de Pascal [5]. Dans le cas d'une loi de saturation plus complexe, on peut tracer aussi de cette manière la courbe en φ, en déterminant pour chaque point d'un cercle isodyne l'excitation correspondante.

---

(1) Séance du 30 juin 1919.

(2) *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 545.

(3) *Comptes rendus*, t. 165, 1917, p. 1093.

(4) Comme je l'ai montré récemment (*Comptes rendus*, t. 166, 1918, p. 323), on peut admettre qu'il y a une self-induction directe constante lorsque la machine travaille sur réseau à potentiel constant et que ce point de régime sur la caractéristique des inducteurs se trouve dans une partie rectiligne de cette caractéristique; cette self-induction constante n'est alors applicable qu'aux variations de courant déphasé dans une certaine limite autour du régime normal correspondant à un point de cette partie rectiligne; autrement dit, on ne doit pas écrire $\omega L_d = \frac{E_d}{I_d}$, en appelant E_d la force électromotrice de réaction de I_d, mais bien $L_d = \frac{E'_d - E_d}{I'_d - I_d}$, en désignant par des lettres accentuées les régimes voisins du régime $E_d I_d$ considéré.

(5) Cette courbe a déjà été signalée par M. A. Léauté (*Comptes rendus*, t. 165, 1917, p. 936; *Bull. Soc. franç. Élect.*, 3e série, t. 8, 1918, p. 147).

M. Bethenod avait, d'autre part, déjà indiqué que l'impédance équivalente est la somme d'une constante et d'une corde de cercle, et en a déduit une condition d'auto-amorçage (*La Lumière électrique*, 25 décembre 1909).

Courbe polaire représentant la puissance interne en fonction de ζ. — On peut de même établir l'équation de la courbe polaire de la puissance interne P de l'alternateur. Soient q le nombre de ses phases, ν un coefficient convenable tenant compte des pertes par hystérésis de Foucault, que l'on admettra proportionnelles au carré de la force électromotrice résultante dans l'induit ([1]).

Pour prendre le cas le plus général, on admettra que la chute de tension de l'induit résulte d'une résistance r et d'un coefficient de fuite s, d'où

$$
\begin{aligned}
(9) \qquad \mathrm{P} = {} & q(\mathrm{U}_t\mathrm{I}_t + \mathrm{U}_d\mathrm{I}_d) + qr(\mathrm{I}_t^2 + \mathrm{I}_d^2) \\
& + \nu[(\mathrm{U}_t + r\mathrm{I}_t + \omega s \mathrm{I}_d)^2 + (\mathrm{U}_d + r\mathrm{I}_d - \omega s \mathrm{I}_t)^2].
\end{aligned}
$$

Développons, en remplaçant I_t et I_d par leurs expressions (3) et (4), et négligeons comme étant du second ordre les termes en r^2 et en $\omega^2 s^2$ dans ces puissances perdues :

$$
\begin{aligned}
(10) \qquad \mathrm{P} = {} & q\frac{\mathrm{E}_0\mathrm{U}_d}{\omega\mathrm{L}_d} + q\mathrm{U}_t\mathrm{U}_d\left(\frac{1}{\omega\mathrm{L}_t} - \frac{1}{\omega\mathrm{L}_d}\right) \\
& + q\frac{r}{\omega^2\mathrm{L}_d\mathrm{L}_t}\left[\mathrm{E}_0^2\frac{\mathrm{L}_t}{\mathrm{L}_d} + \mathrm{F}_0\mathrm{U}_t\left(1 - 2\frac{\mathrm{L}_t}{\mathrm{L}_d}\right) + \mathrm{U}_t^2\left(\frac{\mathrm{L}_t}{\mathrm{L}_d} - 1\right) + \mathrm{U}_d^2\left(\frac{\mathrm{L}_d}{\mathrm{L}_t} - 1\right)\right] \\
& + \nu\left\{\mathrm{U}^2 + 2r\left[\frac{\mathrm{E}_0}{\omega\mathrm{L}_d}\mathrm{U}_d + \mathrm{U}_t\mathrm{U}_d\left(\frac{1}{\omega\mathrm{L}_t} - \frac{1}{\omega\mathrm{L}_d}\right)\right]\right. \\
& \qquad \left. + 2\omega s\left[\frac{\mathrm{E}_0}{\omega\mathrm{L}_d}\mathrm{U}_t - \frac{\mathrm{U}_t^2}{\omega\mathrm{L}_d} - \frac{\mathrm{U}_d^2}{\omega\mathrm{L}_t}\right]\right\}.
\end{aligned}
$$

([1]) Cette loi n'est qu'approximative, car on sait que les pertes par hystérésis sont proportionnelles à la puissance 1,6 de l'induction; mais étant donné que celle-ci varie beaucoup suivant les courants de l'induit et est notamment beaucoup plus forte dans la denture, il est illusoire d'employer cette puissance 1,6, et l'on se rapproche très suffisamment de la vérité en admettant que l'ensemble des pertes est proportionnel au carré du voltage. Dans l'hypothèse la plus défavorable, on admettra comme tension résultante dans l'induit $(\overline{\mathrm{U}} + r\overline{\mathrm{I}} + \omega s\overline{\mathrm{I}})$ (s, coefficient de self-induction de fuites totales de l'induit). Il serait plus rigoureux de décomposer les fuites totales s, et de prendre comme force électromotrice résultante dans l'induit la somme vectorielle $(\overline{\mathrm{U}} + r\overline{\mathrm{I}} + \omega\mathrm{P}f_3\overline{\mathrm{I}})$, où $\mathrm{P}f_3$ est la self-induction totale de fuite s, diminuée des fuites f_2 entre les dents de l'induit (voir ma Note aux *Comptes rendus*, t. 158, 1914, p. 1961). Les pertes sont donc ici approchées par excès, mais la différence n'est pas très grande. On peut d'ailleurs, comme je l'ai indiqué plus haut, attribuer complètement les fuites à une dérivation de flux et non à une self-induction, et se contenter de considérer le vecteur $\mathrm{U} + r\mathrm{I}$; les formules sont alors simplifiées, comme on le verra plus loin.

En tenant compte des définitions (6), cette expression s'écrit également

$$
\begin{aligned}
(11)\quad P = {} & q\frac{E_0}{\omega L_d}U\sin\zeta + \frac{q}{2}\left(\frac{1}{\omega L_t} - \frac{1}{\omega L_d}\right)U^2\sin 2\zeta \\
& + q\frac{r}{\omega^2 L_d L_t}\left[E_0\frac{2L_t}{L_d} + \left(1 - 2\frac{L_t}{L_d}\right)E_0 U\cos\zeta + U^2\left(\frac{L_t}{L_d}\cos^2\zeta + \frac{L_d}{L_t}\sin^2\zeta - 1\right)\right] \\
& + \nu\left\{U^2 + 2r\left[\frac{E_0}{\omega L_d}U\sin\zeta + \frac{1}{2}\left(\frac{1}{\omega L_t} - \frac{1}{\omega L_d}\right)U^2\sin 2\zeta\right]\right. \\
& \qquad \left. + 2\omega s\left[\frac{E_0}{\omega L_d}U\cos\zeta - U^2\left(\frac{\cos^2\zeta}{\omega L_d} + \frac{\sin^2\zeta}{\omega L_t}\right)\right]\right\}.
\end{aligned}
$$

La représentation de P par une courbe polaire (coordonnées P et ζ) est ainsi très compliquée dans le cas général. Quand on néglige les pertes et quand $L_d = L_t$, la courbe polaire de P se réduit à deux cercles tangents au vecteur U à l'origine et de même diamètre $q\frac{E_0 U}{\omega L_d}$. La différence des deux self-inductances L_d et L_t se traduit par l'adjonction au vecteur précédent d'un second vecteur dont l'extrémité décrit une rosace à quatre branches (fréquence double).

Un cas intéressant est celui pour lequel l'excitation est supprimée ($E_0 = 0$). On sait que la marche d'un moteur synchrone non excité est possible sous charge réduite. L'équation (12), déduite de (11) en faisant $E_0 = 0$, montre le rôle joué par les différences des self-inductances L_t et L_d dans cette marche :

$$
\begin{aligned}
(12)\quad P = {} & U^2\left(\frac{q}{2} + \nu r\right)\left(\frac{1}{\omega L_t} - \frac{1}{\omega L_d}\right)\sin 2\zeta \\
& + U^2\left[\frac{qr}{2}\left(\frac{1}{\omega^2 L_d^2} - \frac{1}{\omega^2 L_t^2}\right) + \omega s\left(\frac{1}{\omega L_t} - \frac{1}{\omega L_d}\right)\right]\cos 2\zeta \\
& + U^2\left[+\nu\frac{qr}{2}\left(\frac{1}{\omega L_t} - \frac{1}{\omega L_d}\right)^2 - \omega s\left(\frac{1}{\omega L_t} + \frac{1}{\omega L_d}\right)\right].
\end{aligned}
$$

La puissance P est donc la somme de trois vecteurs, l'un indépendant de l'angle ζ, les deux autres étant donnés chacun par une rosace à quatre branches; les maxima de ces rosaces sont décalés de $\frac{\pi}{4}$.

La puissance synchronisante $\frac{\partial P}{\partial \zeta}d\zeta$ d'un tel alternateur a pour expression

$$
(13)\quad \frac{\partial P}{\partial \zeta}d\zeta = U^2\left[\frac{q}{2} + \nu r + \frac{qr}{2}\left(\frac{1}{\omega L_t} + \frac{1}{\omega L_d}\right) - \omega s\right]\left(\frac{1}{\omega L_t} - \frac{1}{\omega L_d}\right)\sin 4\zeta\, d\zeta.
$$

Elle est positive quand $L_t < L_d$. La marche est donc stable et l'expres-

sion (13) donnerait soit la période des oscillations propres de l'alternateur, soit le dénominateur à attribuer à l'expression de ses oscillations forcées.

Centre des cercles isodynes. — J'ai donné ailleurs, et notamment dans mon Livre *Les moteurs synchrones*, le calcul du centre des cercles de puissances internes constantes. Je tenais compte des pertes par hystérésis de Foucault en majorant d'une façon convenable les pertes par effet Joule. Mais on peut tout aussi bien partir de l'expression (9). Désignons par $x = Z_t I \cos\varphi$ la projection du vecteur $Z_t I$ sur la ligne de phases nulles du diagramme bipolaire, et par $y = Z_t I \sin\varphi$ la projection de $Z_t I$ sur une droite perpendiculaire [1].

La puissance interne s'écrit alors

$$(14)\quad \begin{aligned} P &= qUI\cos\varphi + qrI^2 + \nu[U^2 + 2rUI\cos\varphi + 2\omega sUI\sin\varphi + (r^2+\omega^2 s^2)I^2 \\ &= qU\frac{x}{Z_t} + qr\left(\frac{x^2}{Z_t^2} + \frac{y^2}{Z_t^2}\right) \\ &\quad + \nu\left[U^2 + 2rU\frac{x}{Z_t} + 2\omega sU\frac{y}{Z_t} + (r^2+\omega^2 s^2)\left(\frac{x^2}{Z_t^2} + \frac{y^2}{Z_t^2}\right)\right], \end{aligned}$$

d'où l'équation des isodynes

$$(15)\quad \begin{aligned} x^2 + y^2 + \frac{(q+2\nu r)Z_t U}{qr + \nu(r^2+\omega^2 s^2)}\,x + \frac{2\omega s\nu Z_t U}{qr + \nu(r^2+\omega^2 s^2)}\,y \\ = (P - \nu U^2)\frac{Z_t^2}{qr + \nu(r^2+\omega^2 s^2)} = \text{const.} \end{aligned}$$

C'est encore l'équation d'un cercle dont les coordonnées du centre sont

$$(14)\quad \begin{cases} x = -\dfrac{r(q+2\nu r)}{qr + \nu(r^2+\omega^2 s^2)}\,\dfrac{U}{2\cos\gamma_t}, \\[2ex] y = -\dfrac{2\omega s\nu r}{qr + \nu(r^2+\omega^2 s^2)}\,\dfrac{U}{2\cos\gamma_t}. \end{cases}$$

Ce centre est donc légèrement déplacé par rapport à sa position que j'avais indiquée autrefois pour le cas de $\nu = 0$. Il n'est plus sur la ligne de phases nulles (axe $y = 0$) et son abscisse est légèrement modifiée sous l'effet des termes en ν et en s.

---

(1) Le lecteur est prié de se reporter à mes travaux antérieurs, et particulièrement à ma Note : *Diagramme bipolaire des alternateurs synchrones travaillant en générateurs ou en récepteurs sur un réseau à potentiel constant dans la théorie des deux réactions* (*Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 454).

L'équation (13) peut aussi s'écrire

$$(15)\qquad \left[x + \frac{1}{2}\frac{(q+2\nu r)Z_l U}{qr+\nu(r^2+\omega^2 s^2)}\right]^2 + \left[y + \frac{\omega s \nu Z_l}{qr+\nu(r^2+\omega^2 s^2)}\right]^2$$

$$= (P - \nu U^2)\frac{Z_l^2}{qr+\nu(r^2+\omega^2 s^2)}$$

$$+ \frac{1}{4}\left[\frac{(q+2\nu r)Z_l U}{qr+\nu(r^2+\omega^2 s^2)}\right]^2 + \left[\frac{\omega s \nu Z_l U}{qr+\nu(r^2+\omega^2 s^2)}\right]^2$$

$$= p\frac{Z_l^2}{qr+\nu(r^2+\omega^2 s^2)} + \frac{q^2 Z_l^2 U^2}{4[qr+\nu(r^2+\omega^2 s^2)]^2}.$$

Dans le cas d'un moteur synchrone U est en avance sur E_0 et non plus en retard, I et cos I changent de signe ; P est à changer en $-$ P ; et la puissance maxima $-$ II que l'on pourrait recueillir au moteur correspondra au centre N lui-même ; elle sera

$$(16)\qquad -\Pi = \frac{U^2}{4}\frac{q^2}{qr+\nu(r^2+\omega^2 s^2)}.$$

Le rayon ρ du cercle peut donc s'écrire, en simplifiant l'écriture,

$$(17)\qquad \rho = \frac{U}{2\cos\gamma_l}\frac{1}{1+\frac{\nu Z'^2}{qr}}\sqrt{1-\frac{P}{\Pi}},$$

formule qui ne diffère que par le facteur $\frac{1}{1+\frac{\nu Z_l^2}{qr}}$ de celle que j'ai donnée autrefois (¹) dans le cas de la loi de Joubert.

Ce facteur se réduit à $\frac{1}{1+\frac{\nu r}{q}}$ quand on ne tient pas compte des fuites f_3 et à l'unité quand on néglige les pertes dans le fer ($\nu = 0$) qui se réduit à la relation connue $\frac{q}{4}\frac{U^2}{r}$ quand on ne tient compte que des pertes par effet Joule dans l'induit. Elle est diminuée par l'effet des coefficients ν et s.

Le tracé d'une famille de ces isodynes d'une part, et d'autre part d'une famille de limaçons correspondant à une succession de valeurs croissantes de E_0 (c'est-à-dire pratiquement du courant d'excitation), permet de construire aisément les courbes en ν de l'alternateur.

(¹) *Moteurs synchrones* (*Encyclopédie Léauté*), p. 82.

CHIMIE. — *Sur la préparation du phosgène au moyen du tétrachlorure de carbone et de l'oleum ou de l'acide sulfurique ordinaire.* Note de MM. **V. Grignard** et **Ed. Urbain**.

I. Lorsque s'est posée la question qui a provoqué les recherches rapportées dans cette Note, la fabrication industrielle du phosgène, par combinaison catalytique de CO et Cl^2, était pratiquement inconnue en France. Pour parer aux besoins les plus urgents, il fallait recourir à la réaction classique de Schutzenberger :

(1) $$2SO^3 + CCl^4 = COCl^2 + S^2O^5Cl^2$$

qu'on pouvait réaliser, soit en distillant préalablement SO^3 de l'oleum dans du $S^2O^5Cl^2$ résiduel, soit en opérant directement sur l'oleum lui-même.

Mais, dans ce dernier cas, la réaction se modifie, car l'acide sulfurique (ou pyrosulfurique) intervient dans la réaction et l'on obtient, comme résidu, de la chlorhydrine sulfurique, vraisemblablement d'après la réaction suivante dont nous n'avons pas trouvé mention dans la littérature :

(2) $$SO^3 + SO^4H^2 + CCl^4 = COCl^2 + 2SO^3HCl.$$

H. Erdmann (*Ber.*, 1893, p. 1993) a bien signalé, comme un perfectionnement à la méthode de Schutzenberger, l'emploi de l'oleum à 80 pour 100 et il a remarqué la production de SO^3HCl à côté de $S^2O^5Cl^2$, mais il ne paraît pas en avoir soupçonné la cause.

Nous avons vérifié la réaction (2) par deux expériences :

1° Sur de l'oleum à 60 pour 100, chauffé vers 78°, on a fait tomber goutte à goutte du CCl^4 jusqu'à l'arrêt de la réaction. Pour 75g d'oleum, il a fallu 68g de CCl^4 et nous avons recueilli 41g de $COCl^2$ (1). Le calcul se présente de la manière suivante :

$S^2O^7H^2$,	54g,5,	consomment CCl^4,	47g,2,	et donnent $COCl^2$,	30g,3
SO^3,	20g,5	»	19g,7	»	12g,7
Oleum 60 pour 100,	75g,9		66g,9		43g,0

Notre rendement par rapport à la théorie est de 95,3 pour 100 et par rapport au CCl^4 employé, dont l'excès serait réduit dans une opération en grand, il atteint encore 93,8 pour 100. Le résidu est un mélange de SO^4HCl et $S^2O^5Cl^2$.

2° Nous avons transformé l'oleum à 60 pour 100 en $S^2O^7H^2$ ou plutôt en oleum

(1) Le phosgène préparé au cours de ces recherches était recueilli tantôt dans CCl^4 et dosé par hydrolyse, tantôt dans l'alcool et dosé par détermination du CO^2.

à 45 pour 100 (théorie 44,94). Dans 100g de cet acide contenant la même quantité de SO^3 que l'opération précédente, nous avons pu introduire 87g de CCl^4 et obtenu 51g,5 de $COCl^2$. La théorie exigerait 87g de CCl^4 et 55g,6 de $COCl^2$; le rendement a atteint ainsi 92,6 pour 100. Le résidu est SO^3HCl presque pur.

Ces résultats vérifient très convenablement l'équation (2) et l'on peut dire, par conséquent, qu'une molécule de SO^3 donnera, suivant les conditions :

Employé à l'état	d'anhydride seul........	49g,5 de $COCl^2$
»	d'oleum à 60 pour 100....	76g,4 »
»	d'oleum à 45 pour 100....	99g,0 »

Ainsi, en utilisant SO^3 sous forme d'acide pyrosulfurique (oleum à 45 pour 100), on en économisera exactement la moitié. Il s'y joint, en outre, l'avantage très appréciable que le résidu est SO^3HCl à peu près pure, plus directement utilisable par l'industrie que $S^2O^5Cl^2$.

Dans l'industrie, on fait généralement tomber l'oleum dans le CCl^4; le fait que l'acide pyrosulfurique n'est liquide qu'au-dessus de 35° ne complique pas sensiblement l'opération. Quant aux oleums titrant moins de 45 pour 100, ils se comporteront comme une solution d'acide pyrosulfurique dans SO^4H^2.

II. Le dédoublement de SO^3HCl, dès 70°, en SO^2Cl^2 et SO^4H^2 sous l'influence de certains catalyseurs, a été signalé par Ruff (*Ber.*, 1901, p. 3509). Nous nous sommes demandé si d'autres catalyseurs ne pourraient réaliser le dédoublement en $SO^3 + HCl$, permettant ainsi à SO^3 de réagir encore sur CCl^4, suivant l'équation de Schutzenberger; nous aurions alors :

$$(3) \qquad 2SO^3HCl + CCl^4 = COCl^2 + 2HCl + S^2O^5Cl^2.$$

Cette réaction est déjà possible, en effet, sans catalyseur, mais elle est très lente; nous avons pu la réaliser dans d'excellentes conditions au moyen d'un catalyseur convenable.

Nous nous sommes alors aperçu que SO^3 n'était pas nécessaire et que l'on pouvait produire la même transformation avec l'acide sulfurique seul. La réaction devient ainsi :

$$(4) \qquad 2SO^4H^2 + 3CCl^4 = 3COCl^2 + 4HCl + S^2O^5Cl^2.$$

De tous les catalyseurs essayés [1], celui qui nous a paru le plus avan-

---

[1] Nous aurons à revenir sur quelques particularités observées au cours de cette étude.

tageux, tant par son activité que par son bas prix, est la terre d'infusoires.

Dans les conditions précédentes, cependant, la réaction part encore difficilement; il faut chauffer SO^4H^2 à 150°-168° en présence du catalyseu et y faire tomber, goutte à goutte, le CCl^4. Ceci tient à ce que les deux corps ne sont pas miscibles. Mais il se fait SO^3HCl et $S^2O^5Cl^2$, tous deux miscibles à SO^4H^2; le premier dissout notablement CCl^4, le second lui est miscible en toute proportion. Le contact s'améliore donc rapidement, la température de réaction s'abaisse vers 100° et remonte, seulement vers la fin, jusqu'à 140°, température d'ébullition du $S^2O^5Cl^2$.

Ces constatations nous ont conduits au mode opératoire suivant :

L'acide sulfurique réel (obtenu par addition convenable à l'acide ordinaire, d'oleum, SO^3HCl ou $S^2O^5Cl^2$) est placé dans un ballon en verre ou dans une chaudière en tôle émaillée et additionné d'à peu près son poids de $S^2O^5Cl^2$ et de 2 pour 100 de terre d'infusoires bien sèche; puis on y ajoute en bloc la quantité correspondante de CCl^4 qui s'y dissout. On chauffe à légère ébullition, soit vers 80°. La réaction se déclare immédiatement et se poursuit pendant longtemps entre 80° et 90°; il faut ensuite relever progressivement la température pour atteindre finalement 135° à 140°, comme précédemment.

Si l'on cesse de chauffer, la réaction s'arrête complètement et peut être reprise plus ou moins longtemps après.

Il est vraisemblable que dans ces conditions la réaction se fait en deux phases distinctes représentées par les deux équations suivantes :

$$SO^4H^2 + CCl^4 = COCl^2 + HCl + SO^3HCl,$$
$$2SO^3HCl + CCl^4 = COCl^2 + 2HCl + S^2O^5Cl^2.$$

Si l'on emploie du CCl^4 bien pur et si l'on tient compte de la petite quantité entraînée par les gaz, et récupérable en grande partie, les rendements oscillent ordinairement entre 93 et 96 pour 100.

Si le CCl^4 contient du CS^2 comme cela arrive assez fréquemment, il se dégage différents gaz anormaux, CO^2, SO^2 et peut-être COS.

Si l'on a soin d'ajouter un petit excès de CCl^4 pour tenir compte de l'entraînement et si l'on pousse bien la réaction jusqu'à la fin, le résidu est du $S^2O^5Cl^2$ sensiblement pur; autrement il est plus ou moins mélangé de SO^3HCl.

Il importe, en outre, de noter que l'on trouve toujours dans les résidus une petite quantité de SO^2Cl^2 qui peut provenir d'un dédoublement de la chlorhydrine sous l'influence de la chaleur et de certains catalyseurs accidentels, conformément aux observations de Ruff, à moins qu'il ne résulte

d'une catalyse extrême dans le sens primitif :

$$SO^3HCl + CCl^4 = COCl^2 + HCl + SO^2Cl^2$$

ou

$$S^2O^5Cl^2 + CCl^4 = COCl^2 + 2SO^2Cl^2.$$

Cette transformation réaliserait, sans doute, l'utilisation maxima de l'acide sulfurique et il existe peut-être un catalyseur capable de la produire régulièrement.

Pour l'application industrielle de la méthode, on se heurte à une sérieuse difficulté, due à ce que le $COCl^2$ est mélangé à $\frac{4}{3}$ vol. d'acide chlorhydrique.

En dépit de l'indication classique que le phosgène est peu soluble dans l'eau (2^{vol} à 3^{vol}) et ne s'hydrolyse que très lentement à froid, nous n'avons pu réaliser la séparation de ce gaz par lavage méthodique dans de petites quantités d'eau refroidie, sans éprouver des pertes de l'ordre de 30 pour 100.

Mais nous avons réussi à monter un dispositif d'extraction du phosgène par le CCl^4 qui ne dissout que 2 pour 100 de HCl. La dissolution peut s'effectuer à la température de l'eau courante dans une colonne d'empilages, puis le liquide passe dans un récipient où l'on sépare, par ébullition, le phosgène souillé seulement de quelques centièmes de HCl; enfin le solvant refroidi est remonté mécaniquement au sommet de la colonne. Nous avons pu ainsi dans un appareil de laboratoire, sans précautions spéciales, séparer un peu plus des $\frac{9}{10}$ du phosgène formé et il ne retenait au maximum que 10 pour 100 de HCl, ce qui n'a aucun inconvénient pour la plupart des applications

En résumé, la préparation du phosgène par l'oleum et le CCl^4 doit être faite avec l'oleum à 45 pour 100 qui fournit le rendement maximum et ne laisse, comme résidu, que de la chlorhydrine. Mais, quand la présence d'un peu de HCl avec $COCl^2$ ne gêne pas, on peut avantageusement employer l'acide sulfurique ordinaire en catalysant la réaction avec de la terre d'infusoires.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Correspondant pour la Section de Chimie, en remplacement de M. *G. Charpy*, élu Membre de la Division des Applications de la Science à l'Industrie.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 41,

M. Emanuele Paternò	obtient	39 suffrages
M. Amé Pictet	»	1 suffrage
M. Albert Recoura	»	1 »

M. **Emanuele Paternò**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est élu Correspondant de l'Académie.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** annonce le décès survenu le 3 novembre 1918, à Pétrograd, de M. *Liapounoff*, Correspondant pour la Section de Géométrie.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Institut scientifique de l'Indo-Chine. *Catalogue des plantes du Jardin botanique de Saïgon*, par M. Aug. Chevalier. (Présenté par M. H. Lecomte.)

MÉCANIQUE. — *Sur la cause de l'adhérence du béton au fer dans les constructions en béton armé.* Note de M. **Vasilesco Karpen**, présentée par M. Lippmann.

L'adhérence du fer au béton constitue le facteur essentiel de la résistance du béton armé. Néanmoins la cause de cette adhérence, ainsi que les conséquences qui en découlent, semblent méconnues.

On attribue l'adhérence à une sorte de collage du fer au ciment, analogue à celui du mortier sur les briques. Pourtant, l'expérience ne confirme pas cette hypothèse ; si l'on coule du béton de ciment sur une plaque de fer, l'adhérence est loin d'avoir la valeur qu'elle a dans le béton armé, de plus elle dépend essentiellement de l'état de la surface du fer; en particulier, si cette surface est lisse et huilée, l'adhérence est nulle. L'expérience faite avec des barres *emprisonnées* dans du béton montre, au contraire, que l'adhérence subsiste même si les barres sont peintes ou huilées ; évidemment, dans ce cas, il ne saurait plus être question de collage du fer au béton.

A quel phénomène alors la solidarité entre le fer et le béton est-elle due?

La présente Communication a pour but de montrer *que cette solidarité est due à la friction* du fer contre le béton.

On sait que, pendant la prise, le béton se contracte; la barre de fer qui s'y trouve emprisonnée est donc serrée par le béton contracté et, si l'on essaye de la retirer, elle y sera retenue par la friction.

Pour calculer l'adhérence-friction A et voir si les valeurs trouvées par le calcul correspondent aux valeurs données par l'expérience, considérons une barre de fer de rayon r_1 emprisonnée dans un bloc cylindrique coaxial de rayon r_2.

Du fait de la contraction du béton pendant la prise, le rayon r_1 tend à se raccourcir; mais la barre de fer empêche, par sa rigidité, le raccourcissement de se produire en son entier, en déterminant à la surface de séparation fer-béton, ainsi qu'à la surface de tout cylindre coaxial de rayon r, une pression normale p et une tension tangentielle t.

Soient : p_1, t_1 et p_1, t'_1 les valeurs de p et t dans le béton et dans le fer, à la surface de séparation fer-béton ($r = r_1$); E, E′, σ, σ' les coefficients d'élasticité et les rapports de Poisson, pour le béton et pour le fer; c le coefficient de contraction (retrait) du béton pendant la prise.

Sous l'influence du retrait, de la tension t et de la pression p, la couche cylindrique de rayon r et d'épaisseur infiniment petite se raccourcit et le rayon diminue :

Dans le béton, de

$$\Delta r = c r - \frac{t + \sigma p}{E} r;$$

Dans le fer, de

$$\Delta' r = -\frac{t' + \sigma' p}{E'} r;$$

A la surface de séparation fer-béton, de

$$\Delta r_1 = \Delta' r_1.$$

Donc

$$c - \frac{t_1 + \sigma p_1}{E} = -\frac{t'_1 + \sigma' p_1}{E'}. \qquad (1)$$

Les valeurs de t_1 et t'_1 en fonction de p_1 se trouvent, par un calcul analogue au calcul de la résistance des enveloppes cylindriques épaisses, soumises à des pressions intérieures ou extérieures; on trouve ainsi :

$$t_1 = p_1 \frac{r_2^2 + r_1^2}{r_2^2 - r_1^2}, \qquad t'_1 = -p_1.$$

Substituant ces valeurs dans (1) il vient

$$p_1 = \frac{cE}{\sigma + \dfrac{\left(\dfrac{r_2}{r_1}\right)^2 + 1}{\left(\dfrac{r_2}{r_1}\right)^2 - 1} + \dfrac{1 - \sigma'}{F'} F}.$$

Si f est le coefficient de friction du fer contre le béton, on a

$$A = fp_1.$$

Les coefficients c, E, σ sont mal connus, ils varient suivant la qualité du béton. Le coefficient f dépend de l'état des surfaces en contact; dans le cas présent, étant données les valeurs élevées de p_1, l'arrachement de la barre de fer produira généralement le grippage du fer contre le béton.

Si l'on prend

$$f = 0{,}7, \quad c = 0{,}0003, \quad E = 300\,000, \quad F' = 2\,000\,000, \quad \sigma = 0{,}4, \quad \sigma' = 0{,}3,$$

on obtient le Tableau suivant :

$\frac{r_2}{r_1}$	1,2	1,5	2	4	8	∞
A (en kg : cm²)..	10	20	29	39	41	42

Ces chiffres sont voisins de ceux donnés par l'expérience; l'expérience montre de plus que l'adhérence, comme la contraction du béton, augmente avec le temps.

La friction produite par la contraction du béton autour du fer (contraction dont l'existence ne saurait être mise en doute) suffit donc pour expliquer la solidarité du fer au béton; si l'on y avait pensé tout d'abord, il est probable qu'on se serait désintéressé de l'adhérence-collage.

Il est certain que le fer peut aussi être collé au ciment, mais ce collage, d'ailleurs de valeur faible et incertaine, ne saurait lui-même subsister en dehors de la contraction du béton, ou si le béton se dilatait quelque peu que cela soit.

Dans les constructions en béton armé démolies, on constate (et c'est cette constatation qui m'a mis sur la voie de cette étude), que le béton n'adhère plus au fer aussitôt que celui-ci n'est pas entouré de toutes parts par le béton; les barres de fer sont parfaitement propres, aucune parcelle de béton n'y adhère.

On sait que, généralement, dans le calcul des constructions en béton armé, on ne compte pas sur la résistance à la traction du béton, résistance considérée comme trop incertaine. La présente théorie montre au contraire que *c'est précisément grâce à la résistance du béton à la traction* (t) que celui-ci se presse contre le fer et produit ainsi l'indispensable solidarité entre les deux matériaux.

Cette théorie détermine l'épaisseur minimum du béton devant entourer le fer par la considération de la tension t, dont la valeur ne devra pas dépasser le maximum admissible.

Cette théorie montre l'importance capitale qu'il faut attribuer à la connaissance et à la valeur du coefficient de contraction du béton c.

MÉCANIQUE. — *Sur un accélérographe.* Note [1] de MM. **Auclair** et **Boyer-Guillon**, présentée par M. G. Kœnigs.

Cette Note est destinée à faire connaître une méthode expérimentale permettant d'étudier avec une grande précision un mouvement périodique, pour l'observation duquel on ne dispose pas de repères fixes, par exemple le mouvement vibratoire du pont d'un navire.

Elle a pour base la détermination directe de l'accélération au moyen d'un appareil que nous avons déjà décrit, comme accéléromètre à maxima, dans le *Bulletin de la Société des Ingénieurs civils* de juillet 1913.

Le modèle représenté par la figure 1 est celui qui a été construit à l'atelier du Laboratoire de Mécanique de la Faculté des Sciences. Grâce à l'action d'un ressort R de tension variable et réglable à volonté, la masse d'inertie oscillante M prend appui sur la butée B_1 ou sur la butée B_2 selon que l'accélération est inférieure ou supérieure à un certain taux.

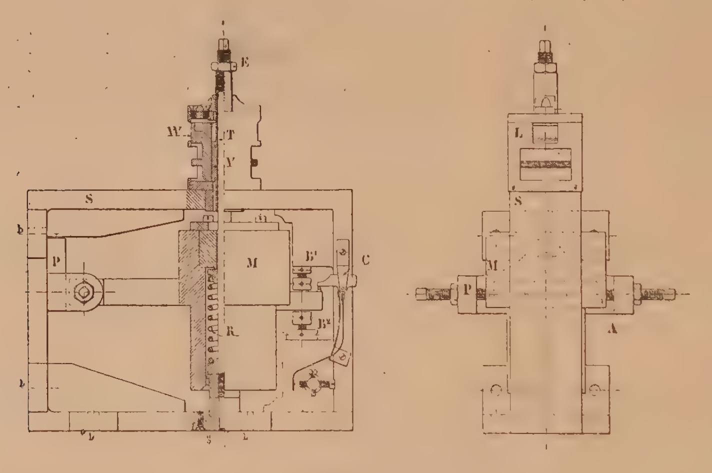


Fig. 1.

Le déplacement insensible de la masse M au changement de portage actionne, par l'intermédiaire de l'amplificateur C, un signal dont le style trace sur un cylindre animé, par rapport à lui, d'un mouvement relatif hélicoïdal uniforme, une ligne qui présente des décrochements vers le bas correspondant aux périodes d'appui sur B_2. On obtient ainsi le diagramme

(1) Séance du 23 juin 1919.

ci-joint (reproduit sans retouches) où sont enregistrées, en même temps que la ligne à décrochements, les vibrations d'un diapason, qui donne le temps (*fig.* 2).

Au moment où la masse d'inertie ne prend aucun appui sur les butées

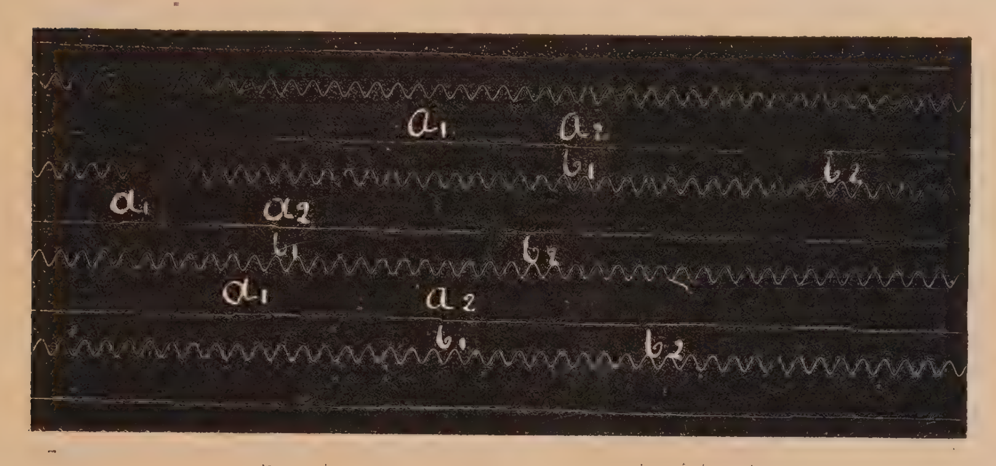


Fig. 2.

qui limitent son déplacement, elle est en équilibre relatif sous l'action de trois forces qui sont l'action du ressort R, le poids P et la force d'inertie MJ, où J est justement l'accélération dans le mouvement du support que nous supposons, pour simplifier l'exposition, assimilable à une translation : l'équilibre se traduit par l'équation des moments

$$\mathfrak{M}\,R + \mathfrak{M}\,P + \mathfrak{M}\,(MJ) = 0.$$

Cette équation devrait être complétée par un quatrième terme si la masse d'inertie était en appui sur l'une des butées, mais elle serait, alors, inutile, car on ne connaîtrait pas la valeur de ce terme.

Supposons que l'on donne au ressort une série de tensions régulièrement croissantes et associons la série de diagrammes ainsi obtenus : 1° en les échelonnant suivant l'axe des ordonnées d'après les valeurs de l'accélération correspondant aux tensions du ressort; 2° en les repérant les uns par rapport aux autres de manière que les points correspondant à une même valeur du temps soient sur une même ordonnée. Ce repérage des diagrammes s'obtient aisément en enregistrant parallèlement sur le même papier un phénomène qui demeure identique à lui-même pendant toute la durée de l'expérience, par exemple les vibrations d'un diapason, ou

mieux, le mouvement d'une masse d'inertie auxiliaire dont le ressort garde une tension constante.

L'aspect du diagramme que l'on construit ainsi est donné par la figure 3.

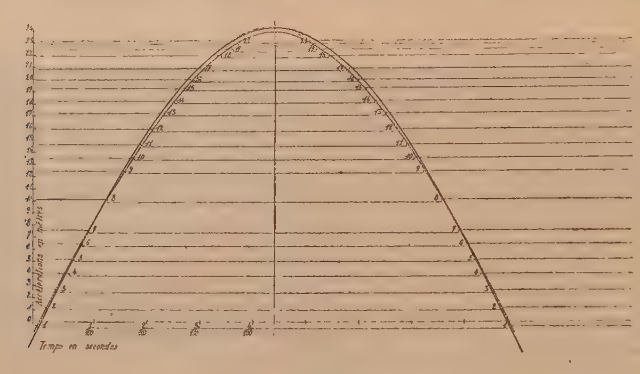


Fig. 3.

Il est clair qu'en réunissant par un trait continu les points de décrochement des lignes horizontales on obtient la courbe figurative des valeurs successives de l'accélération.

Cette courbe est tracée en pointillé sur la figure. Elle donne la loi des accélérations dans le mouvement d'une poutre métallique maintenue en état de vibration continue. La courbe en trait plein donne, pour le même mouvement, la loi des accélérations telle qu'il a été possible de la déduire de l'observation directe du mouvement par rapport à des repères fixes, observation que nous avons rendue possible dans les essais de contrôle que nous avons faits. On voit que ces écarts sont très faibles, de l'ordre de 2 pour 100 à peine des accélérations observées.

ASTRONOMIE. — *Sur les observations de l'éclipse annulaire du* 3 *décembre* 1918, *faites à Buenos-Ayres* (*République Argentine*). Note de M. J. **Ubach**, présentée par M. Bigourdan.

A l'occasion de cette éclipse, et comme délégué de l'Observatoire de l'Èbre (Espagne), j'ai repris un problème trop oublié, dont on peut tirer beaucoup de profit pour la correction des éléments lunaires. Il s'agit de mesurer avec le plus grand soin la corde commune au Soleil et à la Lune à des instants déterminés et, en comparant les lieux de la Lune donnés par ces mesures avec ceux tirés des Éphémérides pour les mêmes instants,

conclure la correction à faire subir aux ascension droite, déclinaison et demi-diamètre lunaires.

La méthode que j'ai suivie est, au fond, la même que celle indiquée par Chauvenet dans sa *Spherical and practical Astronomy*, vol. 2. Elle comprend trois parties :

1° Mesurer la longueur de la corde avec une grande précision;

2° Déterminer très exactement l'instant correspondant à chaque longueur;

3° Comparer les longueurs mesurées avec celles données par le calcul, basé sur les lieux tirés des Éphémérides.

1. *Mesure des cordes.* — J'ai adopté un procédé photographique. J'avais à ma disposition, au Séminaire de Villa Devoto (un des faubourgs de Buenos-Ayres), un magnifique équatorial Zeiss muni de tous les accessoires pour l'héliographie : objectif de 130^{mm}, distance focale $2^{m},35$. L'image du Soleil est amplifiée dans l'instrument jusqu'à 160^{mm} de diamètre.

Pendant l'éclipse, le ciel était très nuageux, même entièrement couvert pendant de longues durées. Cependant mon aide, très actif et très intelligent, le P. Joseph Th. Alarcón, obtint, à des intervalles divers, 44 photographies, sur des plaques $18^{cm} \times 24^{cm}$; je lisais le temps sur un chronomètre.

Les cordes furent trois fois, à des époques diverses, très scrupuleusement mesurées au dixième de millimètre.

On écarta les photographies trop faibles et celles où l'on ne distinguait pas nettement les deux extrémités de la corde. En écartant aussi les photographies de la phase annulaire, on obtint 29 mesures assez précises. Les longueurs mesurées furent corrigées de l'effet de la réfraction.

2. *Détermination du temps.* — On disposait d'un chronomètre de la marine, appartenant au Service météorologique du Ministère de l'Agriculture. On eut soin de le protéger contre les variations de la température. Sa marche était très satisfaisante. Son état avait été contrôlé tous les jours vers 5^{h} après-midi, du 25 novembre au 4 décembre, par un double échange de signaux téléphoniques avec le Service horaire du Bureau géodésique de l'État-Major, avec lequel le Département de notre équatorial était directement relié. L'heure sidérale, donnée par le Service géodésique, était dûment réduite à la station Séminaire Villa Devoto, dont les coordonnées géographiques avaient été tirées de celles de la Douane, publiées par la *Connaissance des Temps*. Le 3 décembre on ajouta un double échange immédiatement avant et après l'éclipse.

En outre, l'heure était chaque nuit reçue de la station L. I. A. (située au port de Buenos-Ayres) par radiographie vers $9^{h}30$ à l'aide d'une antenne et d'un récepteur Marconi installés *ad hoc* par le Service radiographique de la Marine.

3. *Comparaison de l'observation avec le calcul.* — Pour la comparaison, je

me servis de la formule ci-après, dont la déduction est assez facile en suivant un procédé analogue à celui indiqué par Chauvenet (*op. cit.*) :

$$dc = \frac{2\Delta'}{D \tang \mu} \frac{\cos \mu'}{D} \cos \frac{1}{2}(\delta + \delta')(\alpha - \alpha')\, d\alpha' + \frac{2\Delta'}{D \tang \mu} \frac{\cos \mu'}{D} (\delta - \delta')\, d\delta' + \frac{2\Delta'}{D \tang \mu}\, d\Delta',$$

que l'on peut écrire

(1) $$dc = ABC(\alpha - \alpha')\, d\alpha' + AB(\delta - \delta')\, d\delta' + A\, d\Delta',$$

où α, δ sont les coordonnées équatoriales apparentes du Soleil; α', δ' celles de la Lune; Δ' son demi-diamètre; D la distance des centres Soleil-Lune; μ, μ' l'angle au centre du Soleil ou de la Lune formé par les rayons aboutissant aux extrémités de la corde commune c; dc la différence observation *moins* calcul de la longueur de la corde; $d\alpha'$, $d\delta'$, $d\Delta'$ les corrections cherchées.

En réunissant convenablement les photographies, dont les cordes mesurées donneraient des équations à coefficients à peu près proportionnels, on établit, avec les vingt-neuf mesures, huit équations de la forme (1), qui furent traitées par la méthode des moindres carrés.

On obtint les corrections suivantes pour les coordonnées de la Lune, données par les Ephémérides de la *Connaissance des Temps* pour le 3 décembre 1918 :

$$d\alpha' = +\,0^{s},64, \qquad d\delta' = +\,0'',6, \qquad d\Delta' = +\,0'',1.$$

La correction $d\alpha' = 0^{s},64$ de l'Æ des Ephémérides, qui est de $0^{s},77$ pour l'Æ vraie adoptée pour le calcul de l'éclipse, ou $0^{s},75$ pour l'Æ apparente, donnerait, pour l'heure des contacts une avance de 20^{s}. Or, malgré les nuages, le deuxième contact put être bien observé à l'Institut géographique militaire par 7 observateurs, dont 5 munis de théodolites, 1 d'un petit équatorial, 1 d'un verre obscur. Leurs observations, affectées de leurs poids par M. le directeur de la Section géodésique du même Institut, donnèrent exactement l'avance de 20^{s}. Le troisième contact, à cause du mauvais état du ciel, ne fut observé que par un seul : on eut une avance de 30^{s}. Au collège de l'Immaculée, à Santa Fe, le P. Sallaberry observa le dernier contact avec un télescope par projection et avec une avance de 37^{s}. A Montévidéo, MM. Llambias de Olivar et Barbato attribuent aux trois premiers contacts une avance de 8^{s} à 13^{s}.

La correction $d\delta' = +\,0'',6$ est en plein accord avec le petit écart observé de la limite de la zone de phase annulaire vers le Nord. Car, d'après des

cartes et des calculs entrepris par un procédé spécial, que je publiai d'avance dans ma brochure *El eclipse anular del* 3 *de diciembre de* 1918, la limite devait passer par la section sud du village San Isidro. Or les informations recueillies après l'éclipse manifestent un écart de la ligne de 1^{km} environ vers le Nord.

Finalement, la correction $d\Delta' = +0'',1$ du demi-diamètre d'Oudemans adopté pour le calcul n'a rien d'extraordinaire, si ce n'est la petitesse même de sa valeur, plus faible peut-être qu'on ne pouvait l'attendre.

CHIMIE MINÉRALE. — *Action de l'hyposulfite de sodium sur les hypochlorites.* Note de MM. F. **Diénert** et F. **Wandenbulcke**, présentée par M. Ad. Carnot.

Ayant été obligés de calculer exactement la quantité d'hyposulfite de sodium nécessaire pour détruire le chlore libre d'une eau potable javellisée, nons nous sommes demandé à laquelle des deux formules suivantes nous devions nous adresser :

$$(1)\qquad 8Cl + Na^2S^2O^3 + 5H^2O = 2NaHSO^4 + 8HCl,$$
$$(2)\qquad 2Cl + 2Na^2S^2O^3 = Na^2S^4O^6 + 2NaCl.$$

Würtz (t. 2, 2e Partie, p. 1620) indique la réaction (1), Fordos et Gélis, Lunge, admettent que, vraisemblablement, le chlore agit sur l'hyposulfite comme le permanganate, c'est-à-dire fournit un mélange de sulfate et de tétrathionate.

L'expérience montre qu'en versant goutte à goutte une solution d'hyposulfite de sodium $\frac{N}{10}$ dans une solution diluée d'hypochlorite et en suivant la réaction au moyen de papier ioduré amidonné, on trouve qu'il faut $2^{mg},25$ d'hyposulfite cristallisé pour détruire 1^{mg} de chlore libre.

En se basant sur la réaction (1), il n'aurait fallu que $0^{mg},873$ d'hyposulfite pour détruire 1^{mg} de chlore, et, avec la réaction (2), 7^{mg} environ.

L'expérience montre donc que, dans ce cas, il se produit les deux réactions (1) et (2) comme l'indiquent Fordos et Gelis.

Les résultats de nos essais démontrent que les réactions (1) et (2) s'accomplissent simultanément et que la réaction finale est la suivante :

$$(3)\qquad 3Na^2S^2O^3 + 10Cl + 5H^2O = Na^2SO^4 + 8HCl + H^2SO^4 + Na^2S^4O^6 + 2NaCl.$$

En effet, suivant cette formule de réaction, on trouve qu'il faut 2^{mg} d'hyposulfite pour détruire 1^{mg} de chlore libre, chiffre conforme à celui trouvé expérimentalement.

On peut mettre facilement en évidence la formation de sulfate et de

tétrathionate dans l'action de l'hyposulfite sur l'hypochlorite. En versant dans ce mélange du chlorure de baryum il se précipite du sulfate de baryum, et l'on filtre. Le liquide filtré, additionné de nitrate d'argent, donne un précipité de chlorure et de tétrathionate d'argent. Ce dernier se décompose et brunit. Par l'action de l'ammoniaque on dissout AgCl et il reste un précipité de sulfure d'argent provenant de la décomposition du tétrathionate d'argent.

La formule de réaction (3) peut être remplacée par la suivante, plus conforme à la réalité :

$$(4)\quad 5\,NaOCl + 3\,Na^2S^2O^3 + 5\,H^2O = 5\,NaCl + 2\,Na^2SO^4 + 5\,H^2O + Na^2S^4O^6,$$

indiquant une réaction neutre. Et, en effet, en titrant à l'héliantine l'alcalinité de la solution d'hypochlorite (après destruction du chlore par H^2O^2) et du mélange d'hypochlorite et d'hyposulfite de sodium, également après destruction du chlore, on trouve deux chiffres identiques.

Mais la réaction (4) ne se produit plus si l'on modifie l'alcalinité de l'hypochlorite. Par exemple, ajoutons préalablement une quantité d'acide sulfurique nécessaire pour neutraliser l'alcalinité de la solution d'hypochlorite, puis traitons ce mélange par l'hyposulfite. On constate alors qu'il ne faut plus qu'une quantité d'hyposulfite répondant à la formule de réaction (1), soit $0^{mg},879$ pour détruire 1^{mg} de chlore. Par conséquent, dans ce cas, il ne se forme plus que du sulfate sans trace de tétrathionate, comme nous nous en sommes assuré.

Avec des doses d'acide sulfurique moindres encore, on obtient toujours la réaction (1). En remplaçant l'acide sulfurique par une solution de bicarbonate de chaux ou de bicarbonate de soude, ou par du gaz carbonique, on trouve encore qu'il faut $0^{mg},90$ d'hyposulfite de soude cristallisé pour détruire 1^{mg} de chlore libre.

Un acide faible, comme CO^2, suffit pour modifier la réaction de l'hyposulfite de sodium sur l'hypochlorite. La réaction qui se produit en faisant agir une solution d'hyposulfite sur l'hypochlorite dépend donc de la réaction du milieu.

En résumé, en pratique, quand on javellise une eau, celle-ci contient des traces de gaz CO^2 et c'est la réaction (3) qu'il faut employer pour calculer la quantité d'hyposulfite nécessaire pour détruire le chlore libre; mais si l'eau renfermait du gaz carbonique libre, nos résultats montrent qu'il serait utile de procéder à un essai direct au laboratoire, afin d'éviter un excès d'hyposulfite de sodium qui a une action sur l'intestin du consommateur.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Cryoscopie dans le tétrabromure d'acétylène.* Note de M. **Lespieau**, présentée par M. Haller.

J'ai eu l'occasion de signaler que le tétrabromure d'acétylène donné par Bourgoin comme ne se congelant pas à — 20°, fond en réalité vers 0°, à + 0°,13. Le rapprochement de ces deux faits conduit à penser qu'une petite quantité d'impureté suffit pour abaisser notablement le point de solidification de ce liquide, autrement dit qu'il possède une constante cryoscopique élevée. Cette supposition s'est trouvée confirmée par les mesures dans lesquelles j'ai fait intervenir comme corps dissous le benzène, le chloroforme, le tétrachlorure de carbone, l'oxyde d'éthyle, substances ne donnant pas d'anomalies lorsqu'on les dissout dans le bromure d'éthylène, c'est-à-dire dans un corps assez voisin de celui dont il est question ici. La moyenne de ces mesures indique une constante égale à 217, cette constante variant peu avec la nature du corps dissous et avec la concentration, tant qu'on reste en solution étendue. Si l'on fait abstraction de quelques métaux, on ne peut citer comme constantes du même ordre que celles de l'acide iodhydrique et du tétrachlorure de carbone, solvants que la cryoscopie ne peut guère employer parce que leurs points de congélation sont trop bas. Il reste cependant un solvant qui pourrait être pratique, c'est le cyclohexane dont la constante, d'après Mascarelli et Benati, égale 205.

La constante 217 est douze fois celle de l'eau, on pourrait donc espérer pouvoir aborder avec le tétrabromure d'acétylène l'étude de solutions douze fois plus étendues que dans l'eau, s'il ne fallait pas tenir compte de ce fait que ce bromure est près de trois fois plus dense que l'eau.

Un de nos élèves, mort depuis à l'ennemi, ayant cru trouver qu'en solution dans ce corps le brome et l'iode étendus étaient à l'état monomoléculaire, nous avons repris ses mesures. Même avec des abaissements de quelques centièmes de degrés nous avons trouvé 160 et 254, mais à la condition expresse de prendre la plupart des précautions indiquées par Raoult pour la cryoscopie de précision; en particulier, la température du milieu qui entoure l'éprouvette où se fait la mesure a la plus grande influence, il la faut très voisine du point de congélation.

Le cyclohexane s'est trouvé un mauvais solvant cryoscopique parce qu'il conduit très fréquemment à des résultats anormaux dès que les solutions ne sont pas très étendues. Il pourrait bien en être de même pour le tétrabromure d'acétylène; en particulier, nous avons trouvé que le poids molécu-

laire de l'acide acétique dissous dans ce liquide était 64 pour un abaissement de quatre-centièmes de degrés, 100 environ pour six-dixièmes, 120 pour un degré. Il semble bien que les bons solvants cryoscopiques sont ceux qui ne sont pas trop neutres au point de vue chimique vis-à-vis du corps dissous; mais cela ne suffit pas puisque le tétrabromure en solution acétique donne un abaissement normal.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la préparation de quelques carbures acétyléniques vrais au moyen de l'acétylène monosodé.* Note de M. **Picon**, présentée par M. A. Haller.

Nous décrirons dans la présente Note les résultats obtenus par l'application de la méthode de préparation des carbures acétyléniques vrais au moyen de l'acétylène monosodé [1] à l'obtention de l'heptine, du décine et de l'octodécine vrais normaux.

L'heptine a été préparé à partir de l'iodure d'amyle normal primaire. Ce dérivé halogéné a été obtenu en éthérifiant par l'acide iodhydrique gazeux l'alcool synthétique provenant de l'action du trioxyméthylène sur le bromure de butylmagnésium.

Au contact d'un léger excès d'acétylène monosodé en solution dans l'ammoniaque liquide, cet iodure fournit une réaction complète après plusieurs heures de séjour à l'autoclave à la température ordinaire.

Les produits de la réaction sont constitués par un mélange d'un carbure acétylénique vrai, l'heptine, d'un produit de condensation brun et d'une petite quantité d'un carbure éthylénique.

L'heptine est impur et distille entre 93° et 103°. Il s'obtient avec un rendement de 69 pour 100. On le purifie en employant l'action du sodammonium qui fournit deux tiers d'une combinaison sodée et un tiers de carbure éthylénique d'après l'équation que nous avons démontrée antérieurement en collaboration avec M. Lebeau [2]. En décomposant ensuite la combinaison sodée par l'eau et en entraînant le carbure régénéré par la vapeur d'eau, on obtient un liquide qui, après avoir été séché au contact de la potasse fondue, distille entre 95° et 99°. Le rendement final est de 40 pour 100.

Le carbure éthylénique qui prend naissance en même temps que l'heptine

---

(1) P. Lebeau et M. Picon, *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 1077.
(2) P. Lebeau et M. Picon, *Comptes rendus*, t. 157, 1913, p. 137.

est séparé par distillation du mélange, puis purifié par contact avec du nitrate d'argent pulvérisé qui élimine les traces d'heptine. Il bout alors entre 30° et 32°. Ce n'est pas l'amylène normal dont le point d'ébullition est de 39°-40°, mais vraisemblablement le méthyl-2-butène

$$CH^3 - CH^2 - C(CH^3) = CH^2$$

bouillant à 31°-32°. Sa formation s'explique par la présence d'une petite quantité d'iodure d'amyle actif contenu dans le dérivé halogéné utilisé.

L'heptine que nous avons préparé et régénéré de son dérivé sodé distille entre 95° et 99°, alors que l'heptine pur obtenu par M. Moureu [1], à partir de l'acide amylpropiolique distille à 99°. L'impureté existant dans ce carbure est vraisemblablement de l'isoheptine distillant à 93°, et provenant de l'iodure d'isoamyle existant à l'état d'impureté dans l'iodure d'amyle employé.

La présence d'un iodure isomère est ici beaucoup plus gênante que dans le cas de la préparation des carbures acétyléniques vrais, homologues inférieurs de l'heptine. Nous rappellerons, en effet, que jusques et y compris l'iodure de butyle, seuls les iodures des alcools primaires normaux fournissent des carbures acétyléniques vrais avec l'acétylène monosodé. Les carbures obtenus ne peuvent alors être souillés par la présence d'isomères.

Le décine vrai normal se prépare avec l'iodure d'octyle normal primaire. L'action n'est complète que si l'on opère à l'autoclave en ayant soin d'agiter de temps à autre. Il n'est pas nécessaire de dépasser la température ordinaire.

Après avoir chassé l'ammoniaque par le vide, on extrait le carbure au moyen de l'éther. La distillation dans le vide fournit le décine sous forme d'un liquide incolore avec un rendement de 65,4 pour 100; il reste un produit de condensation de couleur jaune pâle.

Le décine vrai normal n'avait pas encore été isolé. C'est un liquide à odeur faible, non alliacée et plutôt agréable. Il bout à 59° sous 13^{mm} de pression. Il se solidifie dans un mélange de neige carbonique et d'acétone, son point de fusion est — 40°. La densité de ce liquide à 0° par rapport à l'eau à 0° est égale à 0,791.

L'octodécine vrai normal se prépare avec l'iodure de cétyle. En raison de l'état solide de ce corps (P. F. : 122°), il est nécessaire, pour obtenir une action complète de l'acétylène monosodé, de le dissoudre préalable-

---

[1] Moureu, *Annales de Chimie et de Physique*, 8e série, t. 7, 1906, p. 541.

ment dans de l'éther de pétrole. On emploie 4 parties d'éther de pétrole pour une partie d'iodure de cétyle, et on laisse en contact 24 heures à l'autoclave à la température ordinaire.

Le carbure acétylénique vrai ainsi obtenu est solide; on le purifie par cristallisations dans l'alcool. Il forme alors des cristaux blancs, inodores, fusibles à 22°,5. La densité à 0° par rapport à l'eau à 0° est 0,8696.

Les trois carbures mentionnés dans cette Note fournissent des réactions positives avec les réactifs ordinaires des carbures acétyléniques vrais. Toutefois, avec le chlorure cuivreux ammoniacal et l'octodécine, on n'observe qu'une coloration jaune du carbure.

L'iodomercurate de potassium en solution alcaline [1] ne donne de précipité qu'avec l'heptine. Pour obtenir une réaction positive avec le décine et l'octodécine, il faut diluer l'iodomercurate dans son volume d'alcool et n'ajouter qu'une goutte de lessive de potasse par centimètre cube de réactif.

Les dérivés sodés de ces trois carbures s'obtiennent aisément au moyen du sodammonium. Dans le cas de l'octodécine, on dissout préalablement le carbure dans 6 parties d'éther de pétrole.

En résumé, l'action de l'acétylène monosodé sur les dérivés monohalogénés possédant la formule générale $R - CH^2 - CH^2X$ permet de préparer facilement à la température ordinaire l'heptine, le décine et l'octodécine vrais normaux. Parmi ces trois carbures, le décine vrai normal n'avait pas été préparé jusqu'ici.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de l'acide sulfurique concentré sur le tétrachlorure de carbone.* Note de MM. **Ch. Mauguin** et **L.-J. Simon**, présentée par M. Ch. Moureu.

I. Schützenberger a indiqué en 1869 un mode pratique de préparation du phosgène; ce procédé consiste à traiter à la température du bain-marie du tétrachlorure de carbone par l'anhydride sulfurique. Schützenberger formulait ainsi la réaction :

$$CCl^4 + 2SO^3 = S^2O^5Cl^2 + COCl^2.$$

Pour l'application industrielle de cette réaction on utilise SO^3 en solution dans l'acide sulfurique (oleum).

---

[1] P. Lebeau et A. Damiens, *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 557.

Le but de la présente Note est d'indiquer qu'à la condition d'opérer à une température convenable, *avec un dispositif expérimental qui assure le contact intime des deux corps en proportions bien réglées*, l'acide sulfurique concentré (acide à 65° ou 66° B.) peut remplir le même office que l'anhydride sulfurique.

Dans le cas de l'acide réel SO^4H^2, la formule de la réaction est :

(1) $$CCl^4 + SO^4H^2 = SO^3HCl + COCl^2 + HCl.$$

Il se produit donc un liquide (chlorhydrine sulfurique) et un gaz, mélange de phosgène et d'acide chlorhydrique à volumes égaux.

Si l'acide sulfurique employé renferme une certaine quantité, d'eau, la réaction est la suivante :

(2) $$(1+x)\,CCl^4 + SO^4H^2 + x\,H^2O = SO^3HCl + (1+x)\,COCl^2 + (1+2x)\,HCl.$$

Pour une même quantité d'acide sulfurique SO^4H^2 employé la quantité de chlorure de carbone décomposé s'accroît, et la proportion de phosgène est augmentée exactement comme si, à côté de la réaction représentée par l'équation (1), il s'en superposait une autre représentée par la formule

(3) $$CCl^4 + H^2O = COCl^2 + 2HCl,$$

en sorte que l'acide sulfurique ne jouerait plus ici qu'un rôle en quelque manière catalytique. En réalité, aux températures envisagées, l'eau n'agit pas dans le sens de cette formule et l'on aurait beaucoup plus à redouter une décomposition plus complète,

(4) $$CCl^4 + 2H^2O = CO^2 + 4HCl.$$

La proportion d'eau qu'on peut tolérer dans l'acide sulfurique est assez faible, et déjà avec l'acide glacial $SO^4H^2 + H^2O$ la formation de phosgène est trop lente pour que l'opération soit pratiquement intéressante.

II. Il est donc avantageux de se placer dans les conditions de la réaction (1) qui repose sur l'emploi de l'acide sulfurique réel.

Or il est facile de se placer dans ces conditions alors même qu'on ne disposerait que d'acide sulfurique plus ou moins aqueux, de l'acide des chambres à 55° B. par exemple.

La chlorhydrine sulfurique qui résulte de l'action du tétrachlorure de carbone est, en effet, un liquide violemment décomposable par l'eau avec formation d'acide sulfurique réel et dégagement de gaz chlorhydrique :

(5) $$SO^3HCl + H^2O = SO^4H^2 + 2HCl.$$

Si donc on dispose d'un acide sulfurique concentré, mais renfermant cependant encore une certaine quantité d'eau, on le ramènera à l'état d'acide réel par addition de la quantité suffisante de chlorhydrine sulfurique et l'on s'en servira utilement à l'obtention du phosgène. La chlorhydrine sulfurique employée sera régénérée par l'opération elle-même, sans préjudice de la portion qui correspondrait molécule à molécule à l'acide sulfurique aqueux initial : il n'y a donc à faire appel qu'à une quantité initiale très faible de chlorhydrine ; ce sous-produit, loin de s'épuiser, s'accumule à mesure que la fabrication se poursuit.

La chlorhydrine sulfurique peut d'ailleurs être employée à la production du phosgène, et la température d'action est même plus basse qu'avec l'acide sulfurique réel (130° au lieu de 150°-160°). La formule de réaction est

$$CCl^4 + 2SO^3HCl = S^2O^5Cl^2 + 2HCl + COCl^2.$$

Cette réaction se produit par un réglage imparfait du mode opératoire ; elle a comme conséquence que le phosgène est accompagné d'une proportion plus grande de gaz chlorhydrique, ce qui est désavantageux, comme on peut le voir aisément d'après ce qui suit.

III. *Mode opératoire.* — La réaction est effectuée dans un tube laboratoire vertical rempli de pierre ponce et chauffé électriquement à la température voulue. Les deux corps réagissants sont introduits à la partie supérieure et leur débit est soigneusement réglé ; le liquide formé est recueilli à la partie inférieure et les gaz s'échappent.

Pour séparer le phosgène du gaz chlorhydrique, on ne peut envisager l'emploi de l'eau même refroidie ; on utilise un lavage méthodique avec le tétrachlorure de carbone qui dissout le phosgène, de préférence au gaz chlorhydrique. La solution saturée de phosgène est presque exempte de gaz chlorhydrique ; on la distille ; le phosgène est liquéfié et le tétrachlorure de carbone récupéré rentre en fabrication.

Il y a donc intérêt à traiter un gaz renfermant la proportion la plus faible de gaz chlorhydrique. Cette considération s'applique au choix de l'acide sulfurique réel de préférence à un acide plus riche en eau et conduit également à diriger l'opération de façon à obtenir comme sous-produit liquide la chlorhydrine sulfurique.

En résumé : l'acide sulfurique concentré décompose aux environs de 150° le tétrachlorure de carbone en fournissant du phosgène et du gaz chlorhydrique et laissant comme résidu la chlorhydrine sulfurique.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur la constitution du principe phospho-organique de réserve des plantes vertes.* Note de M. S. **Posternak**, présentée par M. L. Maquenne.

Le principe phospho-organique de réserve des plantes vertes est décomposé quantitativement en inosite et acide phosphorique dans la proportion de 1^{mol} de $C^6H^{12}O^6$ pour 6^{mol} de PO^4H^3, lorsqu'on le chauffe sous pression avec un acide fort étendu [1].

Il paraît, d'après cela, naturel d'admettre que le principe en question représente l'éther hexaphosphorique de l'inosite; mais sa composition ne répond pas à la formule $C^6H^{18}O^{24}P^6$ d'un pareil éther. Les analyses de l'acide libre et de ses sels conduisent toutes à la formule $C^6H^{24}O^{27}P^6$, qui diffère de la précédente par 3^{mol} d'eau en plus. La plupart de ces sels retiennent, même à 120°, une certaine quantité d'eau hygroscopique ou de cristallisation qui ne part à l'étuve qu'à 175°-180°.

Voici, à titre d'exemples, la composition de quelques-uns de ces composés, après dessiccation à 120° :

$C^6H^{12}O^{27}P^6Na^{12}$ (prismes clinorh.);
$C^6H^{12}O^{27}P^6Na^8Ca^2$ (fines aiguilles);
$C^6H^{18}O^{27}P^6Ba^3$ [aiguilles microsc. [2]];
$(C^6H^{15}O^{27}P^6)^2Ba^9 + 2H^2O$;
$C^6H^{12}O^{27}P^6Ba^6 + \frac{3}{2}H^2O$;
$C^6H^{12}O^{27}P^6Sr^6 + 2H^2O$;
$C^6H^{14}O^{27}P^6Ca^5 + H^2O$ (globoïdes);
$(C^6H^{13}O^{27}P^6)^2Ca^{11} + 4H^2O$ (globoïdes);
$C^6H^{12}O^{27}P^6Cu^6 + 3H^2O$;
$C^6H^{12}O^{27}P^6Fe^6 + 4H^2O$.

Le sel de magnésie, séché à 112°, correspond à la formule

$$C^6H^{12}O^{27}P^6Mg^6 + 6H^2O.$$

Anderson a décrit les composés $C^6H^{14}O^{27}P^6Mg^5$ (globoïdes) et $C^6H^{16}O^{27}P^6Ag^8$, séchés dans le vide à 105°, en présence d'anhydride phosphorique. Enfin, l'acide libre, laissé à l'étuve à 110°-130°, jusqu'à poids constant, répond à la formule $C^6H^{24}O^{27}P^6$.

Il est vrai que certains de ces sels perdent de l'eau quand on les maintient dans l'étuve au delà de 140°. Le sel double de soude et de chaux abandonne ainsi, entre 140° et 180°, 1^{mol} d'eau, le sel de soude cristallisé

(1) S. Posternak, *Comptes rendus*, t. 137, 1903, p. 439.

(2) D'après R. J. Anderson, *J. of biol. Chem.*, t. 12, 1912, p. 97, et t. 17, 1914, p. 141.

un peu plus de $1^{mol},5$ à 180° et près de $2^{mol},5$ à 210°. Mais ces produits subissent alors une décomposition profonde, la moitié environ de leur phosphore total passant à l'état de pyrophosphate de soude. Le même phénomène s'observe d'ailleurs avec le glycérophosphate de soude, dont la constitution chimique n'inspire aucune incertitude; vers 170°-180°, ce sel perd 1^{mol} d'eau, qui est ici sûrement de l'eau de constitution, et se transforme partiellement en pyrophosphate.

L'acide libre et son sel acide de baryum, séchés dans le vide à 105° sur l'anhydride phosphorique, perdent, d'après Anderson, environ 2^{mol} d'eau, ce qui rapproche leur composition de celle de l'éther hexaphosphorique de l'inosite, mais aussi en se décomposant : l'acide libre n'est plus alors qu'un mélange renfermant jusqu'à 26,2 pour 100 de son phosphore total à l'état inorganique, une quantité sensible d'inosite et des produits voisins, par leur composition, des éthers di, tri et tétraphosphoriques de l'inosite. Le sel de baryte, dans les mêmes conditions, donne plus de 6 pour 100 de phosphates minéraux.

En un mot, l'acide phospho-organique libre et ses sels se comportent comme si les 3^{mol} d'eau qui nous préoccupent étaient de l'eau de constitution; mais il est difficile de faire entrer celle-ci dans une formule rationnelle. Celle qui a été esquissée par Neuberg [1] contient 6 oxhydryles alcooliques que je n'ai jamais pu déceler dans l'acide phospho-organique. En outre, chaque atome de phosphore s'y trouve combiné avec 5 atomes d'oxygène, ce qui est assez insolite dans l'histoire du phosphore. Celle qui fut indiquée par Starkenstein [2] mérite à peine le nom de formule, puisque l'auteur se contente d'accoler 3^{mol} d'acide pyrophosphorique à 1^{mol} d'inosite sans les combiner ensemble.

J'ai proposé moi-même, en 1903, sous le nom d'acide anhydro-oxyméthylène diphosphorique, la formule $O\langle{CH^2 - O - PO(OH)^2 \atop CH^2 - O - PO(OH)^2}$, supposant que l'inosite n'existe pas préformée dans la phytine, mais apparaît, au cours de l'hydrolyse, par condensation des trois groupements isomères de l'aldéhyde formique, qui sont fixés sur l'acide phosphorique. Cette conception s'appuyait sur les expériences bien connues de Schimper [3], qui a montré que l'acide phosphorique passe à l'état organique dans le mésophylle exclusivement sous l'influence des rayons solaires. Elle trouvait, en outre, une

---

(1) *Biochem. Zeitsch.*, t. 9, 1908, p. 557.

(2) *Biochem. Zeitsch.*, t. 30, p. 56.

(3) *Botan. Zeitung*, 1888, p. 65.

analogie chimique dans ce fait que l'oxyde de carbone, en se fixant sur le potassium, se condense en hexaphénol, que l'hydrogénation, en présence du noir de palladium, transforme en inosite. On a ainsi la preuve d'une étroite relation entre cet alcool cyclique et le gaz carbonique ([1]), par conséquent avec le phénomène primordial de l'assimilation.

Cette manière de voir devient malaisée à soutenir, maintenant qu'il est démontré que l'acide phospho-organique se dégrade par l'action de la chaleur en donnant des éthers inférieurs de l'inosite, à sec, à 105°, et même en dissolution dans l'eau. Dans une semblable solution, maintenue au bain-marie bouillant pendant 35 heures, on a trouvé $3^g,25$ d'inosite libre et $8^g,5$ de son éther monophosphorique par litre, en même temps que 74,5 pour 100 du phosphore total étaient passés à l'état minéral. Néanmoins, ces constatations n'arrivent pas à résoudre les difficultés signalées plus haut.

Si donc aucune des deux formules $C^2H^8O^9P^2$ et $C^6H^{24}O^{27}P^6$, qui découlent l'une et l'autre de l'analyse directe, ne répond aux exigences d'une critique raisonnée, il est permis de se demander si notre acide phospho-organique ne possède pas réellement la constitution d'un hexaphosphate d'inosite, avec la faculté de retenir 3^{mol} d'eau assez énergiquement pour qu'il soit impossible de les lui enlever sans le décomposer.

La synthèse seule est capable de changer cette hypothèse en certitude; les essais que je poursuis dans ce sens me permettront, j'espère, de résoudre bientôt cette importante question.

EMBRYOGÉNIE. — *Sur un stade primitif, essentiel, non encore reconnu dans le développement des Anthozoaires.* Note de M. **Armand Krempf**, présentée par M. Yves Delage.

Un fait de premier ordre, par ses conséquences, domine toute l'embryogénie des Anthozoaires; c'est l'apparition de la symétrie bilatérale chez l'embryon dès les premières heures de son organogenèse. Cette notion, dont l'acquisition fut un grand progrès pour nos connaissances, introduisait cependant avec elle une insurmontable difficulté que nul n'a pu vaincre jusqu'ici : elle rendait irréductible l'un à l'autre le mode d'apparition des éléments périodiques primitifs des Anthozoaires et celui des mêmes éléments chez les autres Cnidaires; les premiers se disposant en série méta-

---

([1]) Wieland et Wishart, *Ber. der deuts. chem. Gesells.*, t. 47, 1914, p. 2082.

mérique, cause de la bilatéralité, les seconds dérivant du développement sans altération d'une ébauche en croix, origine de la symétrie radiaire.

La constatation éclairée de ces différences fondamentales interdit toutes les homologies que l'on eût été tenté d'imaginer, à première vue, entre les Coralliaires et leurs voisins les plus naturels. Il en est résulté que, si l'établissement d'une telle barrière n'a pas découragé les essais de comparaisons, restés d'ailleurs tous infructueux, malgré leur grand nombre, il a, du moins, constamment dérouté l'activité des observateurs et, en définitive, isolé les Anthozoaires du reste des Cœlentérés supérieurs.

Je vais établir ici que cette barrière doit tomber. Par une semblable affirmation, je m'engage à faire la preuve, ou bien que la bilatéralité de l'embryon des Anthozoaires n'est qu'une illusion, ou bien que tout en restant une réalité, elle est d'origine secondaire et vient masquer, d'assez bonne heure pour l'avoir complètement dissimulé à nos yeux, un dispositif plus primitif relevant de la symétrie radiaire : la symétrie bilatérale des Anthozoaires, celle de l'embryon, comme celle de l'adulte, est bien une réalité profonde; j'en ferai prochainement connaître la nature, et c'est au second terme de l'alternative énoncée ci-dessus que mes recherches ont abouti.

Voici ce que m'ont révélé ces recherches entreprises sur *Pocillopora cespitosa* (Dana) et sur *Seriatopora subulata* (Lamarck), Hexacoralliaires communs dans la mer de Chine sur toute la côte d'Annam.

Avant que la perforation du blastopore au pôle oral n'ait mis en communication avec l'extérieur l'Archentéron de la planula pourvue de ses deux feuillets, il apparait dans l'endoderme archentérique deux massifs embryonnaires opposés l'un à l'autre, c'est-à-dire situés aux deux extrémités d'un même diamètre transversal. Ces deux points marquent, non pas comme on pourrait le croire en s'en rapportant à la description classique, la droite et la gauche de l'embryon, mais son foyer dorsal et son foyer ventral.

Il s'agit là d'un fait capital : je vais insister sur sa justification. J'envisagerai pour cela la suite du développement des deux ébauches auxquelles j'assigne une orientation nouvelle. J'ai pu, en observant les phases successives de ce développement, constater les phénomènes suivants :

1° Chacun des deux massifs embryonnaires, le dorsal devançant légèrement le ventral, subit un clivage aboutissant à son dédoublement suivant le plan vertical qui lui est commun avec son antagoniste, c'est-à-dire suivant le plan dorso-ventral de la larve;

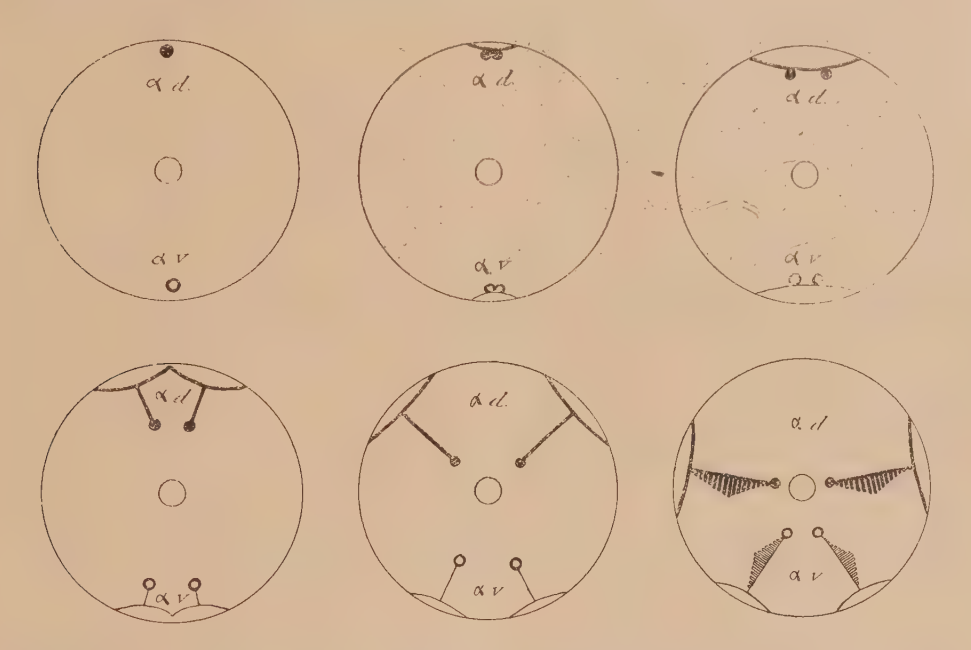
2° Les deux moitiés résultant de ce dédoublement s'individualisent et s'écartent progressivement l'une de l'autre;

3° Elles se dirigent symétriquement vers un point idéal de la paroi de l'Archentéron

situé à 90° de celui où elles ont pris naissance : le groupe dorsal étant toujours sensiblement en avance sur le ventral au cours de ce déplacement;

4° Dans la profondeur de chacun de ces massifs s'organise le futur cloisonnement de la larve : il est voué aux mêmes transformations que l'ébauche dont il émane;

5° A la surface de ces mêmes massifs se différencie un bourgeon épithélial appelé comme toute la formation dont il fait partie au dédoublement suivant un plan vertical et au partage bilatéral.



Ces représentations schématiques sont orientées le foyer dorsal en haut, le foyer ventral en bas, l'embryon étant vu par le pôle oral. La lettre grecque α est commune aux deux ébauches dorsale et ventrale; les lettres *d* et *v* désignent les foyers d'origine de ces ébauches. Le blastopore est au centre de la figure.

Disons tout de suite que c'est de ce bourgeon épithélial d'abord unique que dérivent, après dédoublement, les deux entéroïdes des deux cloisons du couple en formation dans la profondeur de chacun des deux massifs dorsal et ventral.

Il est à noter qu'au moment où s'effectue cette importante différenciation aux dépens de l'endoderme archentérique, le blastopore n'est pas encore ouvert. Cette observation règle donc d'une façon décisive la question toujours sans solution de l'origine blastodermique des Entéroïdes. Considérés par la majorité des auteurs modernes comme des prolongements ectodermiques du pharynx descendus dans les profondeurs de la cavité gastro-vasculaire, ces organes proviennent, en fait, d'une différenciation sur place du revêtement de l'Archentéron avant l'ouverture du blastopore, c'est-à-dire avant qu'il n'y ait un pharynx, avant même qu'il n'y ait une bouche susceptible de mettre en rapport avec l'extérieur la cavité primitive de la larve.

Par contre, ce n'est que très sensiblement après la formation de cet orifice que se

dessine l'orientation de la musculature dans les ébauches musculaires des cloisons. Or, en l'absence de cette musculature orientée, il est impossible, on le sait, de se faire une idée juste de la personnalité des éléments qu'il nous importe maintenant de connaître avec précision. C'est donc une révélation que nous ménage son apparition : Dès que la disposition musculaire définitive, caractéristique des Hexanthides, commence à s'affirmer, on s'aperçoit en effet :

1° Que l'ébauche partie du foyer dorsal a engendré dans son dédoublement et sa migration bilatérale les deux cloisons du maître-couple de la larve, c'est-à-dire, suivant le schéma des auteurs, le couple I, I;

2° Que l'ébauche ventrale a donné naissance aux deux cloisons dites *directrices ventrales*, c'est-à-dire, suivant le même schéma, au couple III, III.

En d'autres termes, chacune des deux cloisons du couple I, I et du couple III, III de la notation classique a son origine dans une ébauche unique dérivant du revêtement de l'Archentéron et située l'une au foyer dorsal, l'autre au foyer ventral de la larve.

Pour revenir à notre point de départ, voilà donc justifiée l'orientation que nous avons assignée aux deux masses embryonnaires initiales. En outre et conformément à l'assertion que nous avons avancée, l'évolution de ces deux masses initiales aboutit bien à un stade obéissant à la symétrie radiaire.

Sans vouloir chercher ici à tirer de ces faits nouveaux les conséquences qui en découlent, qu'il me soit cependant permis d'en indiquer une que sa portée générale désigne la première à notre attention : la symétrie tétraradiaire, malgré son caractère d'homogénéité irréductible, n'est pas une symétrie primordiale; elle a une origine plus simple : elle dérive, par clivage, d'un type biradiaire.

Si les choses devaient en rester là pour la jeune larve que nous venons d'étudier, nous serions en présence d'une forme réalisant, dans ses grandes lignes, le type architectural du scyphostome des Acalèphes. Mais pendant le temps de repos apparent qui donne à ce stade essentiel toute sa clarté, de nouveaux phénomènes se préparent à entrer en jeu. Ils vont venir altérer singulièrement la simplicité de cette disposition primitive : ce sont les causes morphologiques de la symétrie bilatérale des Anthozoaires. Je les ferai prochainement connaître.

ZOOLOGIE. — *La double fovéa rétinienne des Rapaces diurnes.* Note (¹) de M. A. **Rochon-Duvigneaud**, présentée par M. Y. Delage.

Depuis longtemps signalée (H. Müller, Chievitz, etc.) mais insuffisamment étudiée, niée du reste par Fritschs (1911), la double fovéa des Rapaces diurnes est un fait incontestable que nous avons constaté chez toutes les espèces examinées jusqu'ici : Buse vulgaire, Autour, Épervier, Crécerelle, Milannoir. La fovéa centrale est située en avant et un peu au-dessus de l'extrémité supérieure du peigne; la fovéa latérale, en arrière et au-dessus de cette même extrémité.

Chez la Buse vulgaire, la distance d'une fovéa à l'autre est de $6^{mm},5$ (longueur de l'axe de l'œil $21^{mm},5$); chez l'Autour, cette même distance est de $5^{mm},5$ (œil $= 20^{mm}$); chez l'Epervier, $4^{mm},5$ (œil $= 15^{mm}$). La distance angulaire qui, sur la rétine, sépare les deux foveæ, est de 36° chez la Buse, de 33° chez l'Autour et chez l'Épervier.

La fovéa centrale des oiseaux est plus petite et plus profonde que la fovéa humaine; elle a presque l'aspect d'un trou fait avec une grosse épingle. La fovéa latérale est un peu plus petite et un peu moins profonde que la centrale.

Épaisseur de la rétine dans la région fovéale (pièces fixées au Zenker, incluses dans la celloïdine).

Buse. — Fovéa centrale. Épaisseur au bord, 475 microns; au fond, 200 microns. Fovéa latérale. Épaisseur au bord, 320 microns; au fond, 170 microns.

Autour. — Fovéa centrale. Épaisseur au bord, 475 microns; au fond, 160 microns.

Épervier. — Fovéa centrale. Épaisseur au bord, 400 microns; au fond, 175 microns.

Les foveæ latérales de ces deux derniers oiseaux ne paraissent différer que très faiblement de la fovéa correspondante de la Buse; la fovéa latérale est toujours un peu inférieure à la centrale comme dimensions en largeur et en épaisseur.

La couche des grains internes (bipolaires, amacrines, etc.) mesure

(¹) Séance du 30 juin 1919.

environ 150 microns, chez la Buse, l'Autour et l'Épervier, sur les bords de la fovéa centrale; dans la même région de la fovéa latérale de la Buse, elle n'a que 100 à 120 microns d'épaisseur.

Structure comparée de la fovéa centrale et de la fovéa latérale chez la Buse : Fovéa centrale (*fig.* 1). — Les cônes du centre de la fovéa sont plus fins

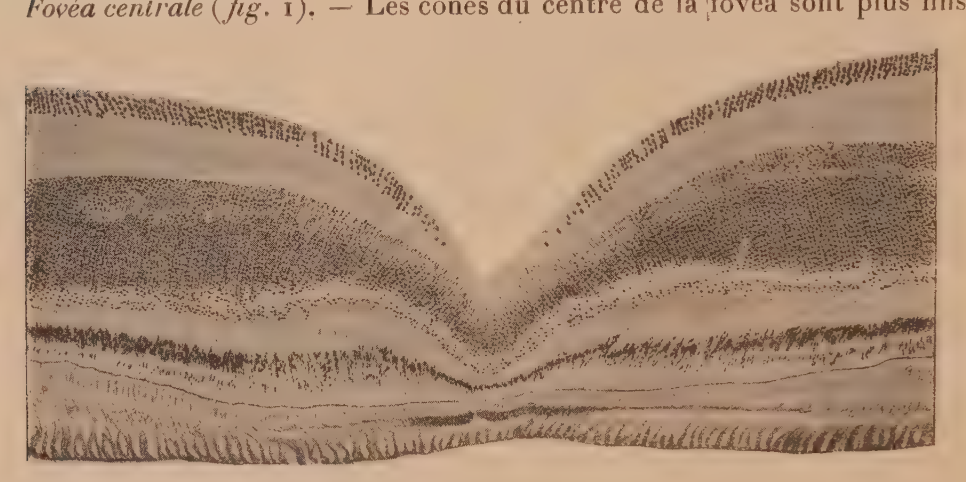


Fig. 1.

encore que ceux de l'homme dans la même région. Au niveau de leur segment externe, on en compte 9 à 10 dans un espace large de 10 microns. Chacun d'eux a donc moins de 1 micron d'épaisseur; mais ce qui importe, avant tout, c'est leur nombre sur un espace donné; il paraît être d'une centaine sur un carré de 10 microns de côté. Leur hauteur est de 65 microns. Ces cônes fins occupent au centre de la rétine de l'oiseau un espace non encore exactement évalué, mais qui dépasse de beaucoup l'étendue du bouquet central des cônes fins de l'homme, lequel a 200 microns de diamètre. *Noyaux des cellules à cônes*. Couche unique au centre de la fovéa; en dehors du centre, ils s'entassent sur 4 à 5 rangs d'épaisseur et sont fusiformes.

Couche plexiforme externe. — Décrit une élégante ligne sinueuse dessinée principalement par l'articulation du pied des cellules visuelles avec le prolongement périphérique de bipolaires. *Couche des grains internes*. Très amincie au centre de la fovéa, mais non interrompue totalement comme chez l'homme. Très épaisse latéralement (150 microns). Extrêmement riche en cellules; traversée obliquement par les prolongements des cellules bipolaires qui divergent du centre à la périphérie, traversée en sens inverse par les fibres de soutien qui croisent perpendiculairement les fibres

des bipolaires. Les noyaux des fibres de soutien forment une couche spéciale vers la base de la couche des grains internes.

Couche plexiforme interne. — Très épaisse; 7 à 8 zones superposées. *Couche des cellules ganglionnaires*, manque complètement au centre de la fovéa; sur ses bords, ces cellules se disposent en séries verticales comprenant 5 éléments superposés; elles forment donc une couche moins épaisse que chez l'homme (8 à 9 éléments), mais beaucoup plus étendue; elle contient donc, en définitive, plus d'éléments chez l'oiseau que chez l'homme.

Fovéa latérale (*fig.* 2). — Cônes centraux moins fins et moins nombreux



Fig. 2.

et surtout moins longs que dans la fovéa centrale; couche des grains internes un peu moins épaisse (100 à 120 microns au lieu de 150 microns). Les cellules ganglionnaires sont étagées en un nombre égal de couches (5). En définitive, la fovéa latérale, tout au moins chez la buse, ne présente qu'une assez faible réduction par rapport à la centrale.

On admet généralement que la fovéa latérale est utilisée pour la vision binoculaire. Cependant tout paraît disposé anatomiquement chez l'oiseau pour la vision indépendante de chacun des yeux, les yeux de l'oiseau sont fixes dans sa tête et ne possèdent pas les mouvements de convergence nécessaires pour ramener sur des points correspondants des deux rétines l'image d'objets qui se rapprochent ou s'éloignent de lui.

Nous pensons que les yeux de l'oiseau voient indépendamment l'un de l'autre, tout comme nos deux mains touchent indépendamment. Continuant cette comparaison, nous croyons que les deux fovéæ d'une même rétine peuvent voir simultanément et indépendamment, comme il en est pour le toucher de deux doigts d'une même main. L'homme voit presque comme avec un seul œil : il est presque un cyclope; mais l'oiseau voit avec ses deux

yeux comme nous touchons avec deux mains, indépendamment et séparément; et de chaque œil le rapace voit avec plusieurs foveæ, ce qui est un avantage du même ordre que de toucher avec plusieurs doigts au lieu d'un seul. Mais l'homme, toujours dominé par le fonctionnement de sa vision binoculaire associée, ne se rend pas facilement compte que deux yeux peuvent être dissociés et voir simultanément et indépendamment. Il n'a cependant, pour le comprendre, qu'à songer à ses deux mains.

A 16 heures trois quarts, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 17 heures et quart.

E. P.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans les séances de mai 1919 (*suite*).

Sur les locomotives compound et leur développement en France, par A. Herdner. Extrait du *Bulletin de la Commission internationale du Congrès des chemins de fer*. Bruxelles, Weissenbruch, 1903; 1 fasc. 24^{cm}.

Note sur l'emploi de la double traction, par A. Herdner. Extrait de la *Revue générale des chemins de fer*. Paris, Dunod, 1904; 1 fasc. 32^{cm}.

Efforts de traction, double traction et stabilité, par A. Herdner. Extrait de la *Revue générale des chemins de fer*. Paris, Dunod, 1905; 1 fasc. 32^{cm}.

Les locomotives à l'Exposition de Liège (1905), par A. Herdner. Extrait des *Mémoires de la Société des Ingénieurs civils de France*. Paris, 1906; 1 fasc. 27^{cm}.

Efforts de traction, double traction et coup de frein, par A. Herdner. Paris, Dunod et Pinat, 1907; 1 fasc. 32^{cm}.

La contre-vapeur, sa puissance, son emploi actuel, par A. Herdner. Extrait des *Mémoires de la Société des Ingénieurs civils de France*. Paris, 1918; 1 fasc. 26^{cm}.

Catalogue raisonné et descriptif des collections d'ostéologie du service d'Anatomie comparée du Muséum d'Histoire naturelle, par R. Anthony : *Mammifères*, fasc. IX. — *Pholidota* (*Pangolins*). Paris, Masson, 1919; 1 fasc. 24^{cm}. (Présenté par M. Edmond Perrier.)

Études sur la période pléistocène (*quaternaire*) *dans la partie moyenne du bassin du Rhône*, par W. Kilian et J. Révil, 2e et 3e Partie. Grenoble, Allier, 1918; 2 fasc. 25^{cm}.

(*A suivre.*)

ERRATA.

—

(Séance du 16 juin 1919.)

Note de M. *H. Deslandres*, Remarques sur la constitution de l'atome et les propriétés des spectres de bandes :

Page 1184, ligne 1, *au lieu de* le spectre attribué à l'oxyde de carbone offre sept valeurs du paramètre n et donc nettement une progression additive, mais seulement deux valeurs du paramètre p, *lire* le spectre attribué à l'oxyde de carbone offre sept valeurs du paramètre p et donc nettement une progression soustractive, mais seulement deux valeurs du paramètre n.

(Séance du 23 juin 1919.)

Note de M. *A. Rateau*, Suite de la théorie des aéroplanes. Conséquences principales des formules :

Page 1248, l'équation (26), qui détermine l'incidence α_p du vol au plafond, n'est pas correcte. Il faut la remplacer par :

$$-2\chi\eta\alpha^3+(\eta-3\chi)\alpha^2+2\alpha-\frac{\eta+\chi}{\xi}=0; \qquad (26)$$

et rectifier aussi l'application numérique. En prenant $\chi=0,0189$, qui convient pour la courbe de ψ au voisinage de $\alpha=6^\circ$, on trouve $\alpha_p=6^\circ,105$, au lieu de $5^\circ,304$; l'écart avec l'incidence optimum, $\alpha_m=5^\circ,029$, est très notable. Il permet une ascension supplémentaire de 82^{m} au lieu de 42^{m}.

Supprimer tout le passage relatif au calcul de $\frac{\Delta\alpha}{\alpha_m}$. L'écart est réellement trop fort pour se prêter à un calcul précis par le développement en série de Taylor limité aux termes du deuxième ordre.

(Séance du 30 juin 1919.)

Note de M. *Marcel Brillouin*, Actions mécaniques à hérédité discontinue par propagation :

Page 1320, *supprimer* la ligne 16 : *c'est la constante h de Planck.*